



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

Facultatea de Inginerie
Electrică și Știința
Calculatoarelor

TEZĂ DE DOCTORAT

DOMENIUL CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI

Realitate Extinsă pentru Îmbunătățirea Abilităților Senzoriale și Cognitive

REZUMAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
Prof.univ.dr.ing. Radu-Daniel VATAVU

DOCTORAND:
Ing. Gistian PAMPARĂU

SUCEAVA, 2024



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

REALITATE EXTINSĂ PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA ABILITĂȚILOR SENZORIALE ȘI COGNITIVE

Conducător Științific

Prof.univ.dr.ing. Radu-Daniel VATAVU

Doctorand

Ing. Cristian PAMPARĂU

Suceava, Romania
2024

Această teză a fost realizată în cadrul Laboratorului de Mașini Inteligente și Vizualizarea Informației (MintViz) din Centrul integrat de cercetare, dezvoltare și inovare pentru Materiale Avansate, Nanotehnologii și Sisteme Distribuite de fabricație și control (MANSiD) al Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava.

CUPRINS

1	Introducere	7
1.1	Contribuțiile lucrării de doctorat	8
1.2	Articole științifice publicate	9
2	Stadiul Actual Privind Realitatea Extinsă pentru Îmbunătățirea Abilităților Senzoriale și Cognitive	11
2.1	Fundamentele Realității Augmentate și Mixte	11
2.2	Realitatea Extinsă: Terminologie și Definiții	11
2.3	Sisteme XR pentru Asistarea Abilităților Senzoriale	11
2.4	Sisteme XR pentru Asistarea Abilităților Cognitive	12
3	Experiența Utilizator a Realității Extinse pentru Îmbunătățirea Abilităților Senzoriale și Cognitive	13
3.1	Experiența Utilizator în Realitatea Extinsă	13
3.1.1	Fundamente pentru Experiența Utilizator în Realitatea Extinsă	13
3.1.2	O Agendă de Cercetare pentru Experiența Utilizator a Realității Extinse	14
3.2	Experiența Utilizatorului în Călătoriile ARTV	14
3.3	Experiența Utilizator de Vizionare a Televizorului cu Diferite Nivele de Augmentare	15
3.3.1	Rezultate	15
3.3.2	ARTV și Planul UX cu Cinci Nivele al lui Garrett	16
3.3.3	Un AI Șaselea Nivel pentru Experiența Utilizator a Călătoriilor ARTV .	17
3.4	Îmbunătățirea Experienței Utilizator în Realitatea Augmentată Olfactivă	18
4	Realitatea Extinsă pentru Îmbunătățirea Abilităților Senzoriale	19
4.1	XR pentru Telemedicină	19
4.2	XR pentru Înregistrarea Vieții	19
4.3	Do You See (and Control) What I See? Aplicații în Telemedicină, Înregistrarea Vieții și Viziune Mediată	19
4.4	Formalizarea Conceptului “Do You Control What I See?”	20
4.5	Experiența Utilizator a FlexiSee	21
4.6	Rezultate	22
4.7	FlexiSee++	22
4.7.1	Implementare Tehnică	22
4.7.2	Experiment de Simulare	23
4.7.3	Aplicații ale FlexiSee++	23
5	Realitatea Extinsă pentru Îmbunătățirea Abilităților Cognitive	24
5.1	Realitatea Extinsă pentru Asistarea Învățării Sociale	24
5.1.1	Învățarea Socială Implicită	24
5.1.2	MR4ISL: Arhitectura Software și Implementare Tehnică	24
5.1.3	Scenarii de Utilizare, Discuție și Limitări	25
5.1.4	XR4ISL: O Extensie a MR4ISL pentru XR	26

5.2	Realitatea Extinsă pentru Identificarea Predictorilor Cognitivi ai Vulnerabilității la Știrile False	27
5.2.1	Context	27
5.2.2	Implementare Tehnică	27
5.2.3	Scenarii de Utilizare, Discuție și Limitări	28
5.3	Realitatea Extinsă pentru Interacțiuni Periferice	28
5.3.1	Context	28
5.3.2	O Formalizare a Interacțiunilor Periferice în Realitatea Extinsă	29
5.3.3	SAPIENS-IN-XR, o Arhitectură și Simulator Software Bazat pe Evenimente pentru Interacțiuni Periferice în XR	30
5.3.3.1	Arhitectura Software	30
5.3.3.2	Performanța Tehnică a SAPIENS-IN-XR	31
5.3.3.3	SAPIENS-IN-XR ca un Simulator pentru Interacțiuni Periferice în Medii XR	31
5.3.3.4	Exemplu de Simulări efectuate cu SAPIENS-IN-XR	32
5.3.4	Experiența Utilizator a Atenției Periferice în Realitatea Extinsă	32
5.3.5	Rezultate	33
5.3.5.1	Percepții despre Notificări	33
5.3.5.2	Performanța Utilizatorilor la Observarea Notificărilor	33
5.3.5.3	Utilizabilitatea Percepută și Experiența Utilizator	33
5.3.6	Limitări	33
6	Concluzii	34
	Mulțumiri	35
	Bibliografie	36

1 INTRODUCERE

Domeniul în expansiune al Realității Extinse (XR) este poziționat la intersecția tehnologiei calculatoarelor, percepției senzoriale și procesării cognitive a stimulilor din lumi fizice și virtuale. Emergent ca o paradigmă puternică, XR cuprinde Realitatea Virtuală (VR), Realitatea Augmentată (AR) și Realitatea Mixtă (MR), conform unei înțelegeri comune a termenului [42], constituind astfel un spectru dinamic care leagă realul de virtual. În nucleul său, XR își propune să redefinească limitele experiențelor, promovând experiențe imersive, multi-senzoriale [97] care îmbunătățesc abilitățile senzoriale și cognitive ale utilizatorilor. În acest context, această teză își propune să discute constructele fundamentale ale XR, aplicarea XR în îmbunătățirea abilităților senzoriale și cognitive și experiența utilizatorului (UX) [21] a XR, cu o perspectivă interdisciplinară.

În domeniul XR, există multe definiții ale termenului. Capitolul 2 încearcă să elucideze perspectivele teoretice ale XR [4, 41, 42, 45, 72], oferind o viziune cuprinzătoare asupra modului în care AR, VR și MR converg sub umbrela XR [42]. Pe măsură ce discuția progresa, capitolul exemplifică sistemele dezvoltate pentru a asista abilitățile senzoriale, acoperind un spectru larg de la detectarea obiectelor și tehnologia AR purtabilă până la sistemele de realitate augmentată olfactivă (OAR). Mai mult, se evidențiază intersecția dintre XR și psihologie, arătând cum conceptele AR și MR pot susține progresul terapeutic [35, 55]. Capitolul se încheie prin abordarea necesității interacțiunilor periferice în medii XR, stabilind direcția pentru viitoarele sisteme XR care exploatează modalități diverse de interacțiune, inclusiv cele care necesită puțină atenție din partea utilizatorului.

În Capitolul 3, accentul se mută către aspectul de UX al XR. O investigație a lucrărilor teoretice, oportunităților practice și principiilor de design formează fundația explorării în acest capitol. Mai mult, capitolul evidențiază lacunele din literatura științifică referitoare la proiectarea unei UX captivante în lumi AR sau MR, din posibilele medii XR. Capitolul continuă apoi să examineze UX-ul călătoriilor în Televiziunea Realității Augmentate (ARTV) concentrându-se asupra simțului vizual și investighează experiența de a urmări conținutul atunci când se trece între diferite niveluri de augmentări TV, argumentând necesitatea unui nou nivel de proiectare a UX numit “switch”, prezentat în contextul modelului cu cinci nivele al UX de către Garrett [21]. Acest capitol se încheie cu o explorare a conceptului și fundamentele OAR, pentru care este propusă o definiție.

Capitolul 4 se concentrează pe exploatarea tehnicilor XR pentru asistarea și îmbunătățirea abilităților senzoriale ale utilizatorilor. Aici, accentul cade pe perspectivele teoretice ale conceptului “Do You Control What I See?” (DYCWIS) în contrast cu “Do You See What I See?” (DYSWIS), explorând implicațiile corespunzătoare în domeniile înregistrării vieții, a calculului purtabil, a cercetării în telemedicină și a Interacțiunii Om-Calculator (HCI). Capitolul prezintă detalii despre experiența utilizatorului a aplicației FlexiSee [59], o aplicație bazată pe HoloLens pentru personalizarea flexibilă a vederii, care permite utilizatorilor să controleze ceea ce văd prin lentila MR, oferind perspective utile pentru dezvoltările viitoare în această zonă, și oferă o descriere a aspectelor tehnice ale FlexiSee++.

În Capitolul 5, accentul se îndreaptă către explorarea tehnicilor XR pentru a asista și îmbunătăți abilitățile cognitive. Prima secțiune prezintă MR4ISL, o aplicație HoloLens proiectată pentru a susține cercetarea și experimentele în domeniul Învățării Sociale Implicite (ISL). Această secțiune oferă o descriere tehnică a MR4ISL, împreună cu posibile cazuri de utilizare. Ulterior, accentul se mută către MR4FakeNews, o aplicație MR proiectată pentru a examina influența psihologică a știrilor false. Secțiunea finală explorează potențialul interacțiunilor pe-

riferice în medii XR, propunând un cadru conceptual și introducând formalizarea conceptului “Ecran XR”. Eficiența SAPIENS-IN-XR este evaluată printr-un studiu de simulare și un experiment controlat care evaluează UX. Contribuțiile colective ale acestui capitol oferă instrumente utile pentru a explora, proiecta și implementa interacțiunile XR cu scopul de a îmbunătăți UX-ul acestor medii.

Capitolul 6 prezintă concluzia acestei teze și direcții viitoare de cercetare.

1.1 Contribuțiile lucrării de doctorat

Această teză introduce o serie de contribuții teoretice și practice, după cum urmează:

1. O analiză a stadiului actual al cercetărilor în domeniu spre clarificarea utilizării ambigue a acronimului XR în literatura științifică – Capitolul 2. Această contribuție teoretică implică investigarea diferitelor utilizări și definiții ale termenului “XR”. Scopul este de a rezolva ambiguitatea și de a oferi o înțelegere clară a semnificațiilor sale ca Realitate Extinsă [42], care cuprinde Realitatea Virtuală (VR), Realitatea Augmentată (AR) și Realitatea Mixtă (MR), dar și Cross-Reality [41, 62].
2. O examinare critică a sistemelor XR din literatura științifică dezvoltate pentru a îmbunătăți abilitățile senzoriale - Capitolul 2. Sunt discutate diferite sisteme care au fost dezvoltate pentru a îmbunătăți abilitățile senzoriale. Acestea includ sisteme de detectare a obiectelor, bazate pe aplicații XR, afișaje bazate pe adâncime, ajutoare pentru citirea semnelor și aplicații mobile accesibile.
3. O examinare critică a stadiului actual al cercetărilor privind conceptele XR aplicate psihologiei pentru a sprijini cercetarea și progresul terapeutic - Capitolul 2. Această contribuție teoretică acoperă explorarea modului în care tehnologiile AR și MR pot fi utilizate în cercetarea și terapia psihologică. Tematicile includ terapia pentru facilitarea mediilor de învățare, evaluarea empatiei, analiza comportamentului uman și interfețele creier-calculator.
4. O explorare critică a experienței utilizatorului în XR - Capitolul 3. Contribuția teoretică se axează în jurul înțelegerii și proiectării experienței utilizatorului în mediile XR, accentuând lipsa literaturii științifice despre acest subiect și propune mai multe direcții de cercetare, dintre care unele sunt urmate sub formă de contribuții practice în această teză.
5. Conceptul de călătorie pentru experiența utilizatorului în cadrul ARTV - Capitolul 3. Această contribuție abordează călătoria utilizatorului în cadrul Continuului ARTV, un spațiu conceptual introdus de Vatavu și colab. [96]. Nevoia de cercetare în această zonă derivă din importanța înțelegerii și îmbunătățirii experienței utilizatorului asociată cu ARTV. Aspecte cheie ale acestei contribuții teoretice includ proiectarea conținutului și utilizabilitatea tehnologiei.
6. Examinarea experienței de vizionare a televizorului în momentul schimbării între diferite niveluri de augmentări TV - Capitolul 3. Această contribuție investighează experiența utilizatorului în momentul trecerii între diferite niveluri de augmentări TV în timp ce se urmărește un film. Rezultatele sunt interpretate în contextul unui model stabilit al experienței utilizatorului [21] și informează un nou nivel de proiectare a experienței utilizatorului numit “switch”.
7. Examinarea realității augmentate olfactive și a experienței utilizatorului corespunzătoare - Capitolul 3. Aici, Realitatea Augmentată Olfactivă este introdusă printr-o discuție despre modul în care incorporarea mirosului și a aromei în aplicațiile și sistemele de AR poate îmbunătăți experiența utilizatorului.

8. Examinarea conceptului “Do You Control What I See?” în livrarea și controlul conținutului la distanță - Capitolul 4. Acest concept explorează telespectatorii de la distanță care participă activ la controlul sistemelor informatice interactive folosite de utilizatorii principali. Conceptul este investigat în diferite domenii de aplicare, inclusiv înregistrarea vieții și dispozitive portabile, cercetarea în telesănătate și interacțiunea om-calculator.
9. Examinarea experienței utilizatorului FlexiSee și introducerea aplicației FlexiSee++ - Capitolul 4. FlexiSee este o aplicație bazată pe HMD (Head-Mounted Display) pentru viziune augmentată și mediată. Este prezentat un studiu utilizator pentru a evidenția eficacitatea FlexiSee și experiența sa corespunzătoare. De asemenea, este introdusă FlexiSee++, care servește ca o extensie a aplicației FlexiSee existente. Prin integrarea sa în medii de calcul heterogene, FlexiSee++ îmbunătățește experiența utilizatorului oferită de viziunea augmentată și mediată bazată pe HMD.
10. Introducerea MR4ISL, o aplicație MR pentru cercetarea învățării sociale implicite - Capitolul 5. MR4ISL este prezentat ca o aplicație bazată pe MR pentru a facilita cercetarea în învățarea socială implicită, un proces cheie de dobândire a informațiilor inconștient.
11. Prezentarea MR4FakeNews, o aplicație MR pentru studiul interacțiunilor cu știrile false - Capitolul 5. MR4FakeNews este prezentat ca un instrument bazat pe MR pentru a crește validitatea externă a cercetărilor psihologice în studiul interacțiunilor cu știrile false.
12. Un cadru conceptual și o arhitectură software pentru îmbunătățirea interacțiunilor periferice în medii XR - Capitolul 5. Această contribuție oferă o definiție clară pentru “Ecran XR” și introduce SAPIENS-IN-XR ca un cadru îmbunătățit pentru interacțiunile periferice în XR. Eficacitatea sa este evaluată printr-un studiu de simulare și un experiment care analizează în mod specific experiența utilizatorului în primirea notificărilor din lumi virtuale și fizice în timp ce utilizatorii sunt implicați în vizionarea unui film în MR.

1.2 Articole științifice publicate

Rezultatele prezentate în această teză de doctorat au fost publicate într-un număr total de 9 lucrări științifice, dintre care 6 au fost indexate de Web of Science.

1. Adrian Aiordăchioae, **Cristian Pamparău**, Radu-Daniel Vatavu. 2024. Lifelogging Meets Alternate and Cross-Realities: An Investigation Into Broadcasting Personal Visual Realities to Remote Audiences. In *Multimedia Tools and Applications* 83, pages 46707–46730.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11310-3>.
WOS:000684916500003 IF(2023)=3.6 5-YEAR IF(2023)=3.1
2. **Cristian Pamparău**. 2023. Dare We Define Olfactory Augmented Reality?. In *ACM International Conference on Interactive Media Experiences Workshops (IMXw '23)*, June 12–15, 2023, Nantes, France. ACM, New York, NY, USA,
DOI: <https://doi.org/10.1145/3604321.3604376>
WOS:001146733000014
3. **Cristian Pamparău**, Ovidiu-Andrei Schipor, Alexandru Dancu and Radu-Daniel Vatavu. 2023. SAPIENS in XR: Operationalizing Interaction-Attention in Extended Reality. *Virtual Reality* 27, 1765–1781 (2023),
DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s10055-023-00776-1>.
WOS:000937114600002 IF(2022)=4.2 5-YEAR IF(2022)=5.5
4. **Cristian Pamparău**, Radu-Daniel Vatavu. 2022. The User Experience of Journeys in the Realm of Augmented Reality Television. In *Proceedings of IMX '22, the ACM Interna-*

tional Conference on Interactive Media Experiences (Aveiro, JB, Portugal). ACM, New York, NY, USA, pp. 161–174, DOI: <https://doi.org/10.1145/3505284.3529969>.

Acceptance Rate: 40.4% (19/47) WOS:001117055700015

5. **Cristian Pamparău**, Radu-Daniel Vatavu, Andrei R Costea, Razvan Jurchis, and Adrian Opre. 2021. XR4ISL: Enabling Psychology Experiments in Extended Reality for Studying the Phenomenon of Implicit Social Learning. In *Proceedings of the 20th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM 2021)*. ACM, New York, NY, USA, pp. 195–197. DOI: <https://doi.org/10.1145/3490632.3497830>.
ARC B (CORE 2021) WOS:001112164200025
6. **Cristian Pamparău**, Radu-Daniel Vatavu. 2021. FlexiSee: Flexible Configuration, Customization, and Control of Mediated and Augmented Vision for Users of Smart Eyewear Devices. In *Multimedia Tools and Applications* 80, 20 (Aug 2021), 30943–30968. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10164-5>.
WOS:000604203000002 IF(2021)=2.577 5-YEAR IF(2021)=2.517
7. **Cristian Pamparău**, Radu-Daniel Vatavu, Andrei R. Costea, Răzvan Jurchiș, and Adrian Opre. 2021. MR4ISL: A Mixed Reality System for Psychological Experiments Focused on Social Learning and Social Interactions. In *Companion of the 2021 ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (EICS '21)*. ACM, New York, NY, USA, pp. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.1145/3459926.3464762>.
Acceptance Rate: 46.41% (6/13)
8. **Cristian Pamparău**, Adrian Aiordachioae, and Radu-Daniel Vatavu. 2020. From Do You See What I See? to Do You Control What I See? Mediated Vision, From a Distance, for Eyewear Users. In *Proceedings of the 19th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. ACM, New York, NY, USA, pp. 326–328. DOI: <https://doi.org/10.1145/3428361.3432089>.
ARC B (CORE 2021)
9. **Cristian Pamparău**, Radu-Daniel Vatavu. 2020. A Research Agenda Is Needed for Designing for the User Experience of Augmented and Mixed Reality: A Position Paper. In *Proceedings of the 19th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*. ACM, New York, NY, USA, pp. 323–325. DOI: <https://doi.org/10.1145/3428361.3432088>.
ARC B (CORE 2021)

2 STADIUL ACTUAL PRIVIND REALITATEA EXTINSĂ PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA ABILITĂȚILOR SENZORIALE ȘI COGNITIVE

Sub umbrela acronimului XR, în literatura științifică abundă diverse interpretări ale Realității Augmentate (AR) și ale Realității Mixte (MR). Prima secțiune analizează conceptele fundamentale ale AR și MR, urmate de o prezentare generală a utilizării ambigue a acronimului XR, cuprinzând atât Cross-Reality, cât și eXtended Reality. Secțiunile ulterioare explorează progresele în XR pentru abordarea abilităților sensoriale, inclusiv a vederii color și sistemele olfactive, prezentând potențialul tehnologiei AR portabile pentru experiențe imersive. În plus, sunt discutate aplicațiile XR în psihologie, alături de interacțiunile periferice, care rămân relativ neexplorate în domeniul XR.

2.1 Fundamentele Realității Augmentate și Mixte

Milgram și Kishino au introdus Continuul Virtuality [45], o axă de la real la virtual, cunoscut mai târziu sub numele de Continuul Real-Virtual [46]. Ei au propus și „Realitate mixtă” (MR) pentru spațiul de mijloc al acestui continuum și a definit „Realitate Augmentată” (AR) ca augmentarea obiectelor din lumea reală cu cele virtuale, un subset al MR. Au prezentat o taxonomie pentru sisteme MR bazate pe extinderea cunoștințelor lumii, fidelitatea reproducerii și gradul metaforei prezenței. Skarbez și colaboratorii [89] au extins acest lucru, luând în considerare experiențele multisenzoriale, redefinirea MR și actualizarea taxonomiei pentru a include Imersiunea și Coerența. Acest framework, vizând AR ca un subset al MR, informează abordarea pentru discutarea experiențelor AR multisenzoriale în analizele ulterioare.

2.2 Realitatea Extinsă: Terminologie și Definiții

Acronimul XR a fost folosit în mod interschimbabil atât pentru Cross-Reality, cât și pentru eXtended Reality, conducând la mai multe definiții și interpretări [42, 51, 52, 86, 105]. Huh și colaboratorii [28] definesc XR ca fiind un termen care cuprinde VR, AR și MR, aliniindu-se cu abordarea continuumului Milgram și Kishino [45, 46]. Marr [42] extinde acest lucru pentru a include tehnologiile immersive emergente. Cross-Reality, introdus de Paradiso și Landay [62], îmbină tehnologia de detectare, tehnologia actuatorilor și lumi online. Eforturile pentru claritate continuă, cu propuneri făcute de Rauschnabel și colaboratorii [72] și contribuții practice realizate de Billinghurst și Nebeling [10], și de Gruenefeld și colaboratorii [22]. În această teză, termenul XR va fi folosit pentru a reprezenta eXtended Reality, urmând definiția care-l consideră un termen umbrelă care cuprinde VR, AR și MR [42].

2.3 Sisteme XR pentru Asistarea Abilităților Sensoriale

Îmbunătățirea abilităților sensoriale la persoanele cu deficiențe de vedere a fost cercetată în mod extensiv, acoperind diverse progrese cum ar fi sistemele pentru detectarea și evidențierea obiectelor, sistemele de afișare bazate pe adâncime, aplicații mobile accesibile pentru navigarea interfețelor din lumea reală sau sistemele XR pentru deficiențele de culoare. Aceste progrese

demonstrează potențialul tehnologiei de realitate augmentată purtabilă în îmbunătățirea abilităților senzoriale. În ultimii ani, mai multe studii au explorat domeniul emergent al sistemelor de realitate augmentată olfactivă (OAR), oferind noi posibilități pentru experiențe imersive multi-senzoriale [38, 53].

2.4 Sisteme XR pentru Asistarea Abilităților Cognitive

În această subsecțiune, sunt prezentate contribuțiile anterioare referitoare la integrarea tehnologiilor XR în domeniul psihologiei, evidențiindu-li-se potențialul în asistarea abilităților cognitive și promovarea rezultatelor psihologice utile. Diverse aplicații și sisteme, cum ar fi terapia MR, sistemele MR pentru evaluarea empatiei și combinarea MR cu BCI-urile, au fost propuse [35, 55]. Aceste tehnologii permit cercetătorilor să obțină perspective asupra aspectelor psihologice în medii imersive și oferă oportunități pentru auto-conștientizare și bunăstare. În plus, cercetările au explorat relația dintre știrile false și sistemele XR, subliniind eficacitatea potențială a acestora din urmă în promovarea abilităților de gândire critică și reducerea influenței prejudecăților personale asupra comportamentului de lectură. Cu toate acestea, există un decalaj în înțelegerea interacțiunii dintre factorii psihologici și comportamentele de lectură a știrilor în cadrul sistemelor XR. Mai mult, conceptul de interacțiune periferică a apărut ca o soluție alternativă pentru reducerea încărcăturii cognitive în paradigmele de calcul mobil și purtabil. În timp ce diverse sisteme au implementat interacțiunea periferică în diferite contexte, există o lipsă de cercetare care să abordeze în mod specific această abordare în cadrul XR.

3 EXPERIENȚA UTILIZATOR A REALITĂȚII EXTINSE PENTRU ÎMBUNĂȚIREA ABILITĂȚILOR SENZORIALE ȘI COGNITIVE

Acest capitol se concentrează pe înțelegerea experienței utilizatorului (UX) în Realitatea Extinsă (XR), discutând concepte teoretice, principii și cunoștințe de proiectare legate de conținutul XR, dispozitivele, interacțiunile și aplicațiile. În ciuda inovațiilor în XR, există o literatură științifică limitată referitoare la proiectarea unei experiențe utilizator excepționale. Sunt propuse diverse direcții de cercetare. Discuția explorează, de asemenea, Televiziunea cu Realitate Augmentată (ARTV) și comutarea între diferite niveluri de augmentare a televizorului. Concluziile experimentului cu 14 participanți informează interpretările în cadrul modelului UX al lui Garrett [21], propunând un nou nivel “switch”. În cele din urmă, este discutată Realitatea Augmentată Olfactivă (OAR), explorând termeni esențiali, aspecte teoretice și implementări practice în Interacțiunea Om-Computer, care conduc la o definiție propusă.

3.1 Experiența Utilizator în Realitatea Extinsă

Integrarea tehnologiilor XR, care combină elemente fizice și virtuale, deschide diverse oportunități în diferite domenii, inclusiv divertismentul la domiciliu, serviciile medicale, tehnologia asistivă și mediile inteligente. În timp ce multă atenție s-a îndreptat către dezvoltarea tehnologiei XR în sine, există o necesitate de a prioritiza UX în procesul de proiectare [31,81,94]. În ciuda complexității în definirea AR, MR și XR, înțelegerea perspectivelor și preferințelor utilizatorilor este crucială pentru crearea unor experiențe XR semnificative și captivante [67,68]. Aplicațiile XR oferă modalități noi de a distra utilizatorii acasă, de la jocuri la tururi virtuale, estompând granițele dintre domeniile fizic și digital [94]. În domeniul medical, tehnologiile XR îmbunătățesc vizualizarea, planificarea chirurgicală și formarea, îmbunătățind rezultatele și îngrijirea pacienților [31]. Mai mult, în mediile inteligente, XR completează mediile fizice, permițând accesul la informații contextuale, controlul dispozitivelor inteligente și interacțiunea cu interfețele virtuale, promițând o viață zilnică mai eficientă [81]. Prioritizarea UX-ului și eforturile continue de cercetare sunt esențiale pentru deblocarea întregului potențial al XR în diferite domenii.

3.1.1 Fundamente pentru Experiența Utilizator în Realitatea Extinsă

Conceptul UX cuprinde diverse elemente care contribuie la interacțiunea utilizatorului cu produsele și serviciile digitale. James Garrett a definit UX-ul pe baza a cinci elemente esențiale: strategy, scope, structure, skeleton și surface [21]. Potrivit lui Garrett, UX-ul începe prin înțelegerea utilizatorilor și a obiectivelor produsului, implicând planificare strategică și cercetare. Scope-ul determină funcționalitățile produsului și cerințele de context, aliniind eforturile pentru a satisface așteptările utilizatorilor. Structure-ul implică designul interacțiunii și arhitectura informației pentru interfețe intuitive și organizare a conținutului. Skeleton-ul se concentrează pe forma funcționalității produsului, incluzând designul informației, al interfeței și al navigației. Surface pune accentul pe experiența senzorială în timpul interacțiunii cu produsul, necesitând

atractivitate vizuală și interacțiuni intuitive. În plus, alți experți în domeniu și-au furnizat definițiile UX-ului, subliniind amploarea sa și natura interdisciplinară [20, 50, 54, 56]. În ciuda unei ample literaturi despre UX, UX-ul aplicat pentru XR s-a concentrat în principal pe aspectele de utilizabilitate [3, 23, 66, 69], inclusiv realitatea augmentată mobilă [5, 12, 29, 37, 73]. Studii remarcabile au explorat interfețele utilizatorului spațiale pentru HoloLens [23], evaluarea UX-ului aplicațiilor AR [66, 69] și principiile UX-ului pentru designul AR. Jucătorii cheie din industrie au furnizat recomandări pentru proiectarea UX-ului AR, concentrându-se pe utilizabilitate, imersiune și integrarea cu mediile din lumea reală [5, 13, 73]. Eforturile în curs vizează completarea punctelor de vedere existente despre UX pentru AR, accentuând alinierea cu obiectivele de afaceri și ale utilizatorului, luând în considerare contextul spațial, mișcarea, introducerea utilizatorului și integrarea în interfețele utilizatorului [15, 19, 37].

3.1.2 O Agendă de Cercetare pentru Experiența Utilizator a Realității Extinse

După revizuirea literaturii, am constatat că multe aspecte ale experienței utilizatorului nu au fost abordate adecvat în mediile XR [50]. În timp ce utilizabilitatea a fost un punct focal, găsirea, credibilitatea, dezirabilitatea, accesibilitatea și valoarea în XR rămân insuficient studiate [23, 66, 69]. Este esențial să ne reorientăm asupra acestor aspecte și să reconsiderăm abordarea designului UX a lui Garrett în XR [15]. Încorporarea fațetelor lui Morville în studiile utilizatorilor și integrarea elementelor de UX în dezvoltările recente în XR va ajuta la stabilirea unei fundații teoretice solide [33, 37, 50]. Bazându-mă pe aceste constatări, propun cinci direcții de cercetare pentru îmbunătățirea înțelegerii UX-ului în XR, cum ar fi (1) reexaminarea teoriei generice de UX, (2) reexaminarea fundamentelor teoretice pentru XR, (3) structurarea cunoștințelor de design, (4) realizarea unor studii de utilizatori mai practice și a experimentelor controlate pentru a evalua mai mult decât aspectele de utilizabilitate, și (5) conectarea la inițiativa XR Access¹.

3.2 Experiența Utilizatorului în Călătoriile ARTV

Televiziunea cu Realitate Augmentată (ARTV) integrează televiziunea cu AR și alte medii susținute de calculator, extinzând experiențele de divertisment atât în interiorul, cât și în afara camerei de zi. ARTV oferă diverse oportunități pentru filme augmentate, sporturi, știri și genuri TV, furnizând experiențe și servicii imersive [78, 96]. Cercetările asupra ARTV-ului au explorat diverse aspecte ale experienței utilizatorului, inclusiv preferințele pentru diferite scenarii și interacțiuni pentru ecranele TV proiectate video. Continuul ARTV oferă un cadru pentru înțelegerea formelor diverse și a experienței utilizatorului a ARTV, abordând augmentarea atât a lumii fizice, cât și a televizorului [95, 98]. Diverse implementări ale ARTV-ului utilizează tehnologii precum dispozitivele mobile, căștile cu vizualizare la nivel ridicat și proiecțiile video pentru a îmbunătăți experiența de vizionare a televizorului [93, 98]. O revizuire sistematică a literaturii a identificat șase teme cheie în ARTV, precum îmbunătățirea experiențelor TV, alternative la experiențele TV, conectarea telespectatorilor de la distanță, augmentarea video în timp real și experiențele de vizualizare cu punct de vedere liber [78]. Experiența utilizatorului a ARTV-ului poate fi influențată de caracteristicile specifice și plasarea elementelor augmentate și de tehnologia utilizată pentru a reda acel conținut. Măsurile de atenție, distragere, sincronizare, utilizabilitate, angajament, imersiune, dorință, plăcere, interacțiune socială și noutate oferă perspective asupra diferitelor aspecte ale experienței utilizatorului [78, 95, 98]. Încorporarea acestor

¹<https://xraccess.org/>

informații poate personaliza designul ARTV-ului viitor pentru a îmbunătăți experiența utilizatorului și angajamentul [96]. În plus, în contextul ARTV-ului, o “călătorie” este definită ca o tranziție între două puncte în Continuul ARTV.

3.3 Experiența Utilizator de Vizionare a Televizorului cu Diferite Nivele de Augmentare

Această secțiune prezintă rezultatele unui experiment efectuat pentru a explora și înțelege modul în care utilizatorii percep și interacționează cu ARTV cu diferite nivele de augmentare.

Paisprezece voluntari, dintre care cinci femei și reprezentând tineri adulți cu vârste cuprinse între 19 și 34 de ani ($M=25.9$, $SD=5.4$), au participat la acest experiment.

Experimentul a folosit un design cu subiecți interni cu cinci condiții care au îmbogățit progresiv mediul cu conținut TV. Condiția de control (scenariul nr. 0) a prezentat un ecran TV convențional fără elemente AR. În scenariul nr. 1, ecran-virtual, participanții au văzut un televizor virtual printr-un HMD, aliniindu-se cu viziunea lui Mark Zuckerberg [92] despre televiziunea AR accesibilă. Scenariul nr. 2, augmentare-fără-ecran, a adăugat conținut augmentat în jurul televizorului virtual. Scenariul nr. 3, augmentare mai multă în afara ecranului, a crescut elementele augmentate, în timp ce scenariul nr. 4, living-room augmentat, i-a implicat pe participanți în conținut augmentat în întreaga cameră.

Am dezvoltat o aplicație HoloLens² din Unity/Blender³, care prezintă o animație AR. Un script personalizat C# a permis patru condiții de scenarii ARTV. Experimentul a avut loc într-un spațiu de laborator de 4m×4m, cu tranzițiile controlate printr-o tastatură Bluetooth conectată la HoloLens. Participanții au completat un chestionar demografic și au detaliat preferințele lor TV. Au urmărit un film de 90 de secunde pe un televizor convențional, apoi l-au vizionat din nou prin HoloLens cu conținut augmentat bazat pe diferite condiții ARTV. Durata de interacțiune a participanților cu aplicația HoloLens a variat ($M=5.2$ minute), iar feedback-ul post-experiment a fost colectat. Experimentul a durat aproximativ 54 de minute per participant, în medie.

Pentru a evalua UX-ul, a fost conceput un chestionar comprehensiv post-experiment, inspirat din studiile anterioare despre ARTV. Acest chestionar a cuprins diverse măsuri menite să captureze percepțiile subiective ale diferitelor beneficii. Participanții au evaluat aspecte precum ușurința de vizionare, nivelul de interes, distracția, informativitatea, implicarea și intenția de adoptare a sistemului acasă. În plus, au fost efectuate teste standard de utilizabilitate, dezirabilitate, solicitarea cognitivă a sarcinii, nivelul perceput de imersiune și prezență. Numărul de tranziții între scenariile ARTV și comportamentele de tranziție observate au fost, de asemenea, înregistrate.

3.3.1 Rezultate

În ceea ce privește percepțiile participanților cu privire la beneficiile fiecărui scenariu ARTV în comparație cu vizionarea tradițională a televizorului, rezultatele au arătat că, pe măsură ce nivelul de augmentare creștea, creșteau și beneficiile percepute. Scenariul de living-room augmentat a primit scorurile cele mai mari în ceea ce privește interesul, distracția, informativitatea și implicarea. Ecranul virtual a fost considerat cel mai ușor de urmărit, urmat de living-roomul augmentat. Augmentarea mai multă în afara ecranului și living-roomul augmentat au fost evaluate ca fiind cele mai interesante și distractive, în timp ce living-roomul augmentat a fost cel mai informativ. În general, nivelele mai ridicate de augmentare au fost asociate cu percepții

²<https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-hardware>

³https://gitlab.com/avinash-vadlamudi/Animation_Movie

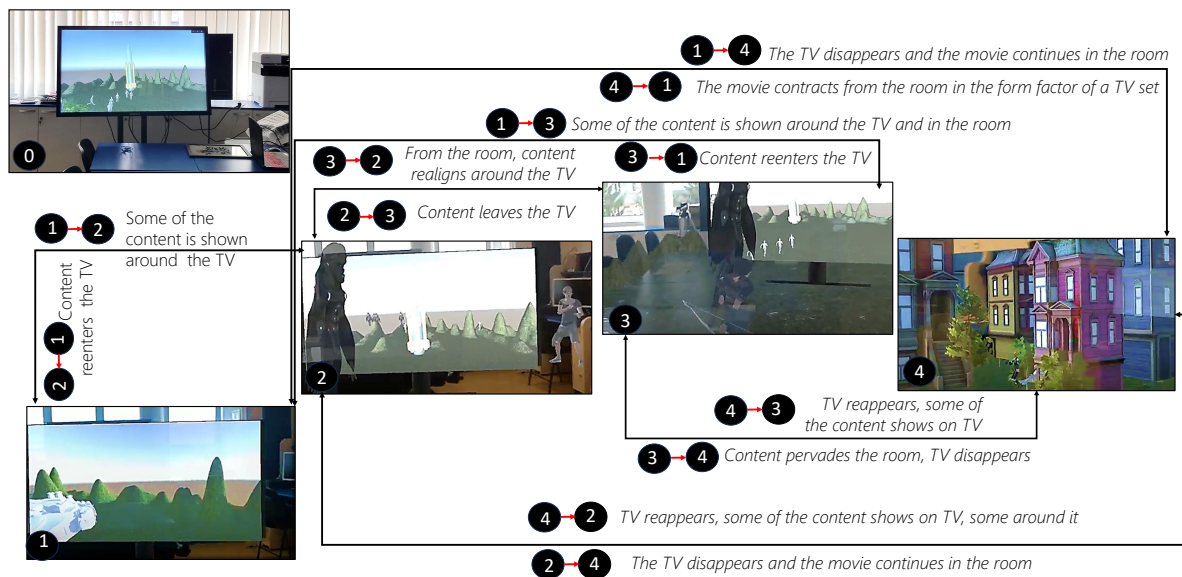


Figura 3.1: Doisprezece posibilități de tranziție între cele patru tipuri de augmentări TV considerate în acest experiment, de exemplu, atunci când se trece de la condiția 1, ecran virtual, la condiția 3, augmentare în afara ecranului - mai multă, unele personaje și peisaje ies din ecranul virtual al televizorului și sunt afișate în jurul ecranului și în încăperea dintre ecran și utilizator. *Notă:* În condiția de control, filmul este afișat pe un televizor fizic. Nu sunt posibile tranzițiile din condiția de control.

crescute ale interesului, distracției, informativității și implicării în comparație cu vizionarea TV tradițională.

În ceea ce privește UX-ul călătoriilor în Continuul ARTV, rezultatele dezvăluie o utilizare ridicată cu un scor mediu de 80.2 la Scala de Utilizabilitate a Sistemului (SUS), sugerând ușurința de navigare. Solicitarea cognitivă percepută a sarcinii a fost redusă, experimentând frustrare minimă și efort mental moderat. Imersiunea a avut o medie de 67.9, cu participanții implicați profund dar moderat conștienți de lumea reală. Sentimentul de prezență în XR a obținut un scor de 69.6, indicând un nivel ridicat de implicare în evenimente și percepția naturalității interacțiunilor. Analiza comportamentului de tranziție a dezvăluit o tendință spre tipar liniar, cu majoritatea participanților trecând între scenariile adiacente. Cu toate acestea, unii participanți au prezentat comportament non-liniar, întorcându-se repetat la anumite scenarii.

3.3.2 ARTV și Planul UX cu Cinci Nivele al lui Garrett

Rezultatele empirice evidențiază o experiență utilizator ARTV caracterizată prin o percepție ridicată a utilizabilității, o sarcină de lucru moderată și o implicare profundă cu conținutul. Natură imersivă a ARTV este completată de un simț moderat de transport și de disociere de lumea reală, aliniindu-se cu caracteristica distinctivă a realității augmentate de a amplifica în loc să înlocuiască realitatea. Studiul utilizează modelul de cinci nivele al experienței utilizatorului propus de Garrett [21], cu un al șaselea nivel propus pentru a aborda tranzițiile în continuul ARTV. Nivelul *strategy* se concentrează pe înțelegerea nevoilor utilizatorului, cu accent pe preferințele tinerilor adulți în adoptarea tehnologiei. Nivelul *scope* implică definirea specificațiilor funcționale și a cerințelor de conținut pentru scenariile ARTV, luând în considerare nivelul așteptat de augmentare și alegerea tehnologiei de afișare XR. Nivelul *structure* se referă la proiectarea interacțiunilor utilizatorului și la organizarea informațiilor pentru a se adapta la experiențele de vizionare relaxată și implicată. Nivelul *skeleton* implică proiectarea interfeței și a navigării, având ca scop simplitatea și intuitivitatea, explorând în același timp modalități avansate de

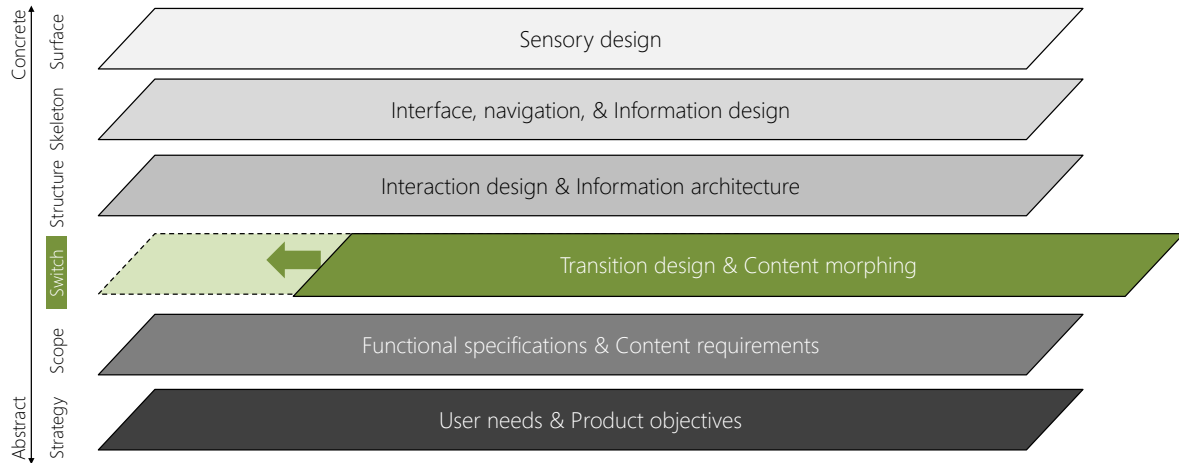


Figura 3.2: Noul nivel, “switch”, situat deasupra modelului cu cinci nivele al lui Garrett [21] pentru UX, separă în mod convenabil, la nivel conceptual, călătoriile ARTV de specificațiile funcționale generice și aspectele specifice ale interacțiunii și aranjamentului conținutului ARTV. De sus în jos: sensory design, interface, navigation & information design, interaction design & information architecture, world synthesis, functional specifications & content requirements, precum și user needs & product objectives.

intrare, precum recunoașterea vocală și gestuală, pentru o interacțiune îmbunătățită. Nivelul *surface* abordează experiența senzorială, accentuând impactul vizualului asupra implicării utilizatorului și sugerând oportunități pentru angajamente multisenzoriale pentru a crea experiențe XR mai imersive în contextul ARTV.

3.3.3 Un Al Șaselea Nivel pentru Experiența Utilizator a Călătoriilor ARTV

Secțiunea anterioară a discutat experiența utilizatorului ARTV folosind modelul cu cinci nivele al lui Garrett [21] și a propus domenii pentru o explorare ulterioară. Cu toate acestea, un aspect important al aplicației HoloLens care facilitează călătoriile ARTV rămâne nesoluționat. Aceste călătorii, conceptualizate în cadrul nivelului de structură, își găsesc implementările tangibile în cadrul planurilor *skeleton* și *surface*. Totuși, natura diversă a diferitelor forme ARTV implicate în aceste călătorii necesită un plan distinct de experiență a utilizatorului. Aceste forme reprezintă produse ARTV independente, fiecare oferind caracteristici și interacțiuni unice. Prin urmare, călătoriile ARTV transcend considerațiile simple ale nivelului *structure*, servind drept conectoare între sistemele ARTV distincte de-a lungul continuului. Recunoscând necesitatea unui plan dedicat de UX pentru călătoriile ARTV, admit importanța lor în legarea diferitelor experiențe de utilizator ARTV. Proiectarea pentru călătoriile ARTV implică luarea în considerare a fluxurilor utilizatorilor și a tranzițiilor naturale între diversele sisteme ARTV, asigurând continuitatea neîntreruptă a experienței utilizatorului. În plus, acest plan dedicat de UX facilitează abordarea provocărilor și oportunităților care apar din integrarea mai multor scenarii ARTV.

Pentru a aborda acest aspect, propun un cadru conceptual nou, numit nivelul “switch”, situat între planurile *structure* și *scope*, inspirat de modelul cu cinci nivele al lui Garrett [21]. Acest cadru delimitează călătoriile utilizatorilor în cadrul sistemului ARTV, punând accentul pe controlul asupra tranzițiilor între diferitele augmentări. Fac distincția între “produs ca funcționalitate” și “produs ca informație”, concentrându-mă pe proiectarea călătoriei și proiectarea morfologică a conținutului, respectiv, așa cum este ilustrat în Figura 3.2. Prin introducerea nivelului “switch”, aspectul de tranziție este izolat de specificațiile funcționale mai largi la nivelul scopului și interacțiunilor specifice la nivelul structurii, fiind deosebit de valoros pe măsură ce

călătoriile potențiale se multiplică. De exemplu, implementarea a patru tipuri de augmentări într-o aplicație HoloLens duce la doisprezece tranziții (vezi Figura 3.1), însă acest lucru atinge doar suprafața posibilităților de continuu ARTV. Prin abordarea acestor specificații în cadrul nivelului “switch”, suprasolicitarea planurilor *scope* sau *structure* este atenuată, asigurând o gestionare eficientă a experienței utilizatorului ARTV.

3.4 Îmbunătățirea Experienței Utilizator în Realitatea Augmentată Olfactivă

Experiențele noastre zilnice cuprind o multitudine de percepții senzoriale, implicând senzații vizuale, auditive, olfactive, tactile și gustative. Integrarea acestor simțuri a fost folosită în HCI pentru a aprofunda înțelegerea noastră asupra UX. De exemplu, experiența olfactivă a fost explorată pentru potențialul său de a îmbunătăți imersiunea și implicarea în aplicații AR și VR, precum și pentru a evoca anumite stări de spirit, emoții sau amintiri [90]. Diverse sisteme industriale pentru digitalizarea mirosului există, contribuind la îmbunătățirea experienței generale a utilizatorului în sistemele și mediile interactive [2, 14, 70, 79].

Deși simțul olfactiv a fost studiat extensiv, implementările practice adesea duc lipsă de o definiție precisă a Realității Augmentate Olfactive (OAR). Prin urmare, obiectivul principal aici este de a defini OAR și de a analiza experiența utilizatorului asociată. Definițiile legate de simțul olfactiv au fost examinate din surse consacrate precum Merriam-Webster, Cambridge și Lexico de la Oxford, oferind perspective asupra conceptelor cheie precum miros, olfactiv, și aromă:

Miros: Percepție, caracteristică/calitate, apropiat, recunoscut/observat, nas, substanță/-ceva, senzație, stimulare, organ olfactiv, proprietate.

Olfactiv: Simț/abilitate, miros.

Aromă: Aspecte spațio-temporale, miros, simțul mirosului, substanță.

Implementări practice și contribuții teoretice privind integrarea simțului olfactiv în sistemele interactive au fost explorate. De exemplu, cercetătorii au dezvoltat prototipuri precum Interfața Digitală a Mirosului și afișaje olfactive simple, cu scopul de a digitaliza senzațiile olfactive și de a le integra cu tehnologia VR. Contribuțiile teoretice au identificat provocări și considerații pentru valorificarea mirosului în sistemele interactive, subliniind aspecte precum producția mirosului, recepția, provocările spațiale și considerațiile etice. Prin reexaminarea conceptelor cheie și a lucrărilor anterioare, am identificat un set de proprietăți pentru OAR (Olfactory Augmented Reality). Aceste proprietăți includ stimulii, proximitatea, cronometrarea, și receptorul, toate fiind integrate în percepția și experiența stimulilor olfactivi.

Definiție: Realitatea Augmentată Olfactivă (OAR) este reprezentată de mediul în care stimuli olfactivi virtuali, produși în apropierea unui receptor, amplifică stimuli olfactivi reali ai mediului, creând un miros nou în care utilizatorul este imersat pentru o anumită perioadă de timp.

4 REALITATEA EXTINSĂ PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA ABILITĂȚILOR SENZORIALE

În acest capitol, explorez tehnici XR pentru asistarea și îmbunătățirea abilităților senzoriale. Discut despre XR pentru cercetarea în telemedicină și înregistrarea vieții, precum și perspectivele teoretice ale conceptului “Do You Control What I See?” (DYCWIS) [58] în contextul furnizării controlului la distanță pentru utilizatorii de HMD. De asemenea, prezint implicațiile pentru domeniul HCI. În plus, prezint rezultatele privind UX a FlexiSee [59], o aplicație HoloLens pentru viziune mediată care demonstrează DYCWIS. Furnizez detalii tehnice ale FlexiSee++, o iterație a FlexiSee cu o arhitectură de software dedicată. În cele din urmă, discut oportunitățile viitoare facilitate de ambele concepte, DYCWIS și DYSWIS, folosite împreună.

4.1 XR pentru Telemedicină

Telemedicina a cunoscut o transformare semnificativă odată cu integrarea Realității Extinse și a tehnologiei portabile, evidențiind un potențial imens în revoluționarea sectorului medical. Li și colab. [36] au efectuat un studiu etnografic care a condus la proiectarea unei clinici sociale bazate pe VR, permițând consultări la distanță cu profesioniștii medicali. Între timp, ARTEMIS [101] a facilitat asistența la distanță în timpul procedurilor chirurgicale de către chirurghi experimentați folosind o combinație de dispozitive AR, MR și VR, senzori de adâncime, sisteme de captare a mișcării și mănuși de urmărire. Wang și colab. [99] au dezvoltat un sistem de mentorat în telemedicină care permite utilizatorilor să experimenteze proceduri medicale complexe în mod direct prin MR. Aceste exemple ilustrează aplicațiile diverse ale XR în telemedicină, valorificând vizualizarea a datelor în timp real și conectivitate la distanță pentru îmbunătățirea rezultatelor pacienților și accesului la îngrijire de calitate.

4.2 XR pentru Înregistrarea Vieții

O dezvoltare semnificativă în tehnologia portabilă implică integrarea camerelor video, permițând capturarea automată a momentelor semnificative din viața utilizatorilor. Un exemplu este SenseCam [27], conceput pentru a realiza capturi vizuale împreună cu folosirea de senzori corespundente, facilitând revederea amintirilor. Similar, EyeTap [40] oferă înregistrare video, oferind o documentare subiectivă și imersivă a perspectivelor purtătorului. Prin plasarea camerei direct în câmpul vizual al purtătorului, EyeTap permite utilizatorilor să-și modifice percepția realității și să exploreze noi modalități de interacțiune cu mediul lor, cunoscute sub numele de “realitate mediată”. Aplicațiile de înregistrare a vieții, inclusiv aceste sisteme, oferă suport pentru memorie prin capturarea și arhivarea evenimentelor semnificative, acționând ca ajutoare de memorie externe într-o eră informațională, în care pot apărea goluri de memorie sau pierderea detaliilor importante.

4.3 Do You See (and Control) What I See? Aplicații în Telemedicină, Înregistrarea Vieții și Viziune Mediată

Livrarea serviciilor de teleasistență s-a transformat într-un peisaj divers și sofisticat, cuprinzând diverse abordări, de la comunicarea audio-video de bază până la diagnoza medicală

complexă și platformele de gestionare a datelor de sănătate [48]. Inițial bazată pe instrumente de comunicare precum Skype și WhatsApp, teleasistența s-a extins pentru a include consultații la distanță facilitate de fizioterapeuți și alte cadre medicale. Avansurile tehnologice au extins și mai mult domeniul său de aplicare, cu senzori care colectează măsurători de sănătate de acasă și dispozitive purtabile care adună date legate de sănătate pentru analiza de către furnizorii de servicii medicale [106]. Platformele complexe de gestionare a datelor de sănătate stochează în mod sigur înregistrările pacienților, rezultatele diagnosticelor și planurile de tratament, asigurând schimbul de informații fără probleme și continuitatea îngrijirii [85]. Pandemia COVID-19 a subliniat importanța teleasistenței, rolul său devenind indispensabil pentru serviciile de sănătate în perioadele de distanțare fizică și restricții [18]. Tehnologiile emergente precum AR, MR și camerele purtabile au îmbunătățit experiența teleasistenței, oferind viziune mediată și capacități de înregistrare a vieții [49]. Funcționalități precum “Do You See What I See?” (DYSWIS) și “Do You Control What I See?” (DYCWIS) permit utilizatorilor la distanță să acceseze și să influențeze experiențele vizuale ale pacienților, îmbunătățind astfel diagnosticul, monitorizarea tratamentului și livrarea îngrijirii personalizate [26].

4.4 Formalizarea Conceptului “Do You Control What I See?”

Pentru a completa DYSWIS, propun DYCWIS, un nou concept pentru sistemele de înregistrare a vieții și viziune mediată și asistată, care permite utilizatorilor de la distanță să aibă control asupra a ceea ce vede utilizatorul principal: în timp ce DYSWIS permite utilizatorilor de la distanță să aibă acces în timp real la câmpul vizual al utilizatorului principal al unui sistem de înregistrare a vieții sau viziune mediată și asistată, DYCWIS oferă mijloace pentru ca utilizatorii de la distanță să devină actori în procesul de colectare a înregistrării vieții și medierea viziunii, respectiv. În plus față de cerințele existente de calitate pentru telemedicină descrise de lucrările anterioare [87], cum ar fi utilizabilitatea, disponibilitatea și fiabilitatea, siguranța și securitatea, eficiența și scalabilitatea, identific caracteristici specifice de calitate ale DYCWIS, după cum urmează:

- (Q₁) La fel ca DYSWIS, DYCWIS permite înregistrarea vieții și sisteme de vizualizare mediate *cu mai mulți utilizatori*, unde un utilizator (utilizatorul principal) poartă sistemul și ceilalți utilizatori sunt la distanță.
- (Q₂) La fel ca DYSWIS, DYCWIS folosește *aceleași dispozitive și platforme*, de exemplu, dispozitive purtabile inteligente cu senzori integrați pentru înregistrarea vieții și HMD-uri pentru aplicații de vizionare asistată și mediată, respectiv.
- (Q₃) Spre deosebire de DYSWIS, DYCWIS permite *niveluri diverse de control* asupra funcționării sistemului interactiv, de la acces simplu la jurnalul de viață și câmpul vizual al utilizatorului principal, până la preluarea controlului asupra a ceea ce vede utilizatorul principal în scopuri de asistență și terapie.
- (Q₄) Spre deosebire de DYSWIS, DYCWIS permite *roluri diverse* pentru utilizatorii care împart controlul asupra sistemului de calcul interactiv, de exemplu, monitori de vedere, asistenți de vedere, terapeuți de vedere, etc.

Proprietățile de calitate Q₁ până la Q₄ demonstrează relația sinergică între DYSWIS și DYCWIS, îmbunătățind înregistrarea vieții interactivă și sistemele mediate de vedere. În timp ce DYSWIS prioritizează accesul și observația în timp real, DYCWIS implică utilizatorii remote în realitatea vizuală a purtătorului, promovând comunicarea și colaborarea [100]. Spre deosebire

de sistemele de reabilitare VR, DYCWIS îmbunătățește funcționalitatea vizuală în lumea reală prin extinderea capacităților DYSWIS [91]. Bazându-se pe cercetările anterioare în domeniul telemedicinii, caracteristicile experienței XR și caracteristicile unice ale DYCWIS informează dezvoltarea sa, abordând componentele sistemului, tehnologiile de comunicare și interfețele utilizatorului [16, 43, 71]. Cadrele de categorizare a telemedicinii ajută la înțelegerea aspectelor tehnice și etice, inclusiv transmiterea, tehnologia de comunicare, interfețele utilizatorului, confidențialitatea și securitatea datelor. Aceste considerații, împreună cu perspectivele din literatura științifică și atribuțiile DYCWIS, relevă câteva implicații pentru Interacțiunea Om-Calculator.

- I₁. Disponibilitatea accesului la câmpul vizual al pacientului în locații la distanță în timp real (adică funcționare sincronă printr-un flux video live) și/sau acces asincron la istoricul câmpului lor vizual în prima persoană (de exemplu, jurnalul de viață).
- I₂. Eficiența accesului la câmpul vizual al utilizatorului, conform caracteristicilor enumerate de Martínez-Alcalá și colaboratorii [43]: (a) eficiența comunicării, (b) audiență la distanță, și (c) interfața utilizatorului pentru accesarea și controlul câmpului vizual al utilizatorului.
- I₃. Administrarea eficientă a datelor personale reprezentate de jurnalul vizual al vieții utilizatorului pentru accesul viitor sau generarea de reprezentări LifeTags, urmând recomandările lui Qazi și colab. [71].
- I₄. Flexibilitatea vizualizării câmpului vizual al pacientului și controlul vederii mediate, de la distanță, de pe diverse dispozitive informatice în diferite contexte de utilizare prin variorificarea spațiului de proiectare FlexiSee-DS [59].
- I₅. Integrare ușoară cu medii de calcul heterogene care includ senzori, dispozitive și platforme pentru colectarea, stocarea și procesarea datelor.

4.5 Experiența Utilizator a FlexiSee

Pentru a evalua utilitatea și percepțiile utilizatorilor cu privire la conceptul FlexiSee și implementarea acestuia, am desfășurat un studiu utilizator.

Studiul a implicat zece adulți tineri, cu vârste cuprinse între 20 și 32 de ani ($M = 26.6$, $SD = 3.8$, $Mdn = 27.5$ ani), care s-au oferit voluntari să participe ca asistenți de vedere la distanță pentru sistemul FlexiSee [59], purtat de utilizatorul principal. Dintre cei zece participanți, trei erau femei. Focusul principal al studiului a fost obținerea unor idei cu privire la utilizabilitatea sistemului FlexiSee.

Participanții au folosit interfața web a FlexiSee [59], care le-a permis să controleze diverse filtre vizuale și să observe efectele acestora în timp real printr-un flux video YouTube. Acest flux video oferea o replică exactă a ceea ce vedea utilizatorul principal prin HoloLens HMD. Participanților li s-a dat sarcina de a testa fiecare filtru vizual individual pentru a înțelege funcționalitatea acestuia. Li s-a acordat libertate completă de a explora interfața web și de a specifica parametrii viziunii augmentate și mediate experimentate de utilizatorul principal.

Analiza a relevat că filtrele vizuale au fost aplicate de un număr de 213 ori, cu o medie de 21.3 aplicații per participant ($M = 21.3$, $SD = 15.0$, $Mdn = 15.0$). În plus, fiecare filtru vizual a primit o atenție aproximativ egală, reprezentând în medie 20.0% din interacțiunile participanților ($SD = 2.1\%$). În ceea ce privește popularitatea, filtrele vizuale au fost utilizate în următoarea ordine descrescătoare: îmbunătățirea conturului (21.6% din încercări), îmbunătățirea contrastului (21.1%), înlocuirea culorii (20.7%), îmbunătățirea luminozității (20.2%), și detectarea feței

(16.4%). După experimentarea interfeței de utilizator bazate pe web FlexiSee, participanții au fost rugați să completeze un chestionar, care a înregistrat experiența lor generală.

Pentru a colecta feedback de la participanți, am folosit diverse categorii de măsurători, precum (1) utilizarea video online și a rețelelor sociale, (2) Scala Utilizabilității Sistemului (SUS), (3) percepția conceptului FlexiSee și (4) feedback liber.

4.6 Rezultate

Participanții la studiu au raportat utilizarea regulată a platformelor YouTube și a rețelelor de socializare, cu evaluări medii de 4,2 din 5 și, respectiv, 4,6 din 5, indicând familiaritatea lor cu dispozitivele inteligente și consumul de conținut online, făcându-i astfel potriviți pentru evaluarea FlexiSee. Utilizabilitatea interfeței web FlexiSee, evaluată prin scoruri SUS cuprinse între 57,5 și 100,0, cu o medie de 75,3, a depășit pragul pentru utilizabilitate “bună”, sugerând o experiență pozitivă a utilizatorului. Analiza diferitelor caracteristici FlexiSee, inclusiv video în direct și filtre vizuale, nu a evidențiat diferențe semnificative în utilitatea percepută între utilizatorii principali și asistenții remote, indicând o funcționalitate echilibrată. În timp ce participanții au raportat un nivel mediu de conectivitate cu sistemul, feedback-ul referitor la conceptul și implementarea FlexiSee a fost pozitiv, utilizatorii recunoscând valoarea adăugată și exprimând impresii favorabile, indicând astfel o experiență promițătoare a utilizatorului cu potențial pentru îmbunătățiri ulterioare în viitoarele iterații.

4.7 FlexiSee++

Secțiunile anterioare au prezentat avantajele transmiterii în flux video a perspectivei utilizatorului, cunoscută sub numele de funcționalitate DYSWIS. Această abordare oferă numeroase beneficii, însă apar și posibilități suplimentare odată cu capacitatea de a controla câmpul vizual al utilizatorului, denumită funcționalitate DYCWIS. Extinzând acest concept, arhitectura sistemului FlexiSee [59] poate fi îmbunătățită pentru a incorpora funcționalități suplimentare prin integrarea de noi senzori, dispozitive și sisteme.

4.7.1 Implementare Tehnică

FlexiSee prezintă o interfață web pentru utilizator, permițând utilizatorilor remote să manipuleze filtre vizuale în timp real, ajustând parametri precum luminozitatea, contrastul și înlocuirea culorii în timp ce vizualizează fluxuri video în direct [59]. Compatibilitatea sa cu diverse dispozitive, de la PC-uri desktop la dispozitive portabile, prin intermediul browserelor web, îmbunătățește accesibilitatea. Componenta “monitor de vizualizare” a FlexiSee satisface implicațiile I_1 și I_2 prin permiterea participării vizualizatorului remote și accesul eficient printr-un canal YouTube live cu întârziere minimă, în timp ce îndeplinește și implicația I_3 prin stocarea fluxurilor video în direct și a capturilor pentru referință și analiză ulterioară. În plus, FlexiSee abordează implicația I_4 oferind flexibilitate în vizualizarea câmpului de vedere în prima persoană al pacientului și oferind control asupra viziunii mediate. Prin integrarea comunicațiilor TCP/IP, FlexiSee++ extinde capacitățile FlexiSee [59], permițându-i să primească fișiere de configurare de la dispozitivele conectate și să susțină conexiuni simultane de la mai mulți clienți, denumiți “asistenți de vedere”. Fiecare asistent furnizează o interfață personalizată, oferind utilizatorilor posibilitatea de a manipula filtre vizuale între dispozitive în mod transparent; vezi un exemplu în Figura 4.1.

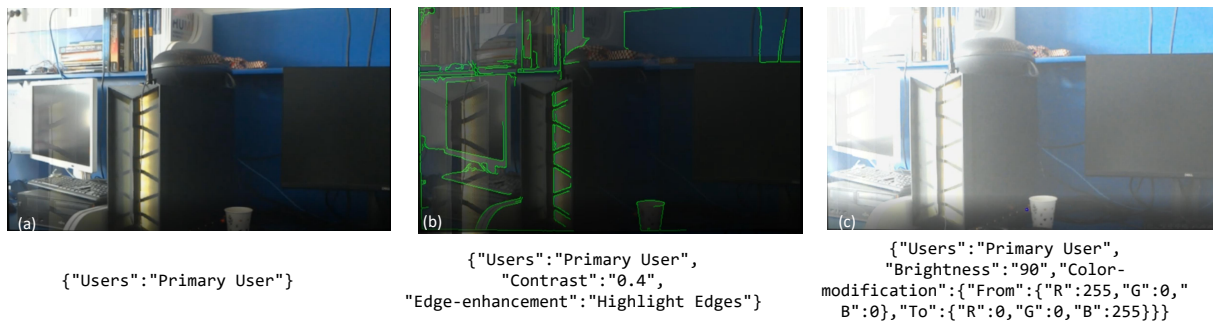


Figura 4.1: Exemple de aplicare a filtrelor vizuale în FlexiSee++, capturate de pe HoloLens: (a) viziune nemediată, (b) contrast modificat cu 0,4, și evidențierea marginilor, (c) nivelul de luminozitate crescut cu 90 de pixeli. *Note:* Descrierea JSON a filtrelor vizuale este furnizată sub fiecare captură de ecran.

4.7.2 Experiment de Simulare

Pentru a completa perspectivele asupra UX a FlexiSee, am efectuat un experiment de simulare cu scopul de a examina timpii de răspuns pentru conectarea la FlexiSee++ din diverse locații globale, concentrându-mă pe comunicațiile TCP/IP. Folosind platforma ping.pe, am inițiat peste 3.000 de conexiuni din 37 de locații din lume, evaluând latența și pierderea de pachete. Rezultatele au arătat un timp mediu de ping de 190,76 ms, cu o pierdere minimă de pachete observată în majoritatea locațiilor. În plus, timpii de procesare pentru filtrele vizuale din FlexiSee++ au fost măsurate, dezvăluind viteze variate între 4 cadre pe secundă (fps) și 70 fps, în funcție de sarcină, cu ajustări de contrast și luminozitate care durează aproximativ 14 ms, corectarea culorii în jur de 28,28 ms, iar evidențierea muchiilor cu o medie de 262 ms. Aceste constatări demonstrează o latență promițătoare și o pierdere minimă de pachete, indicând potențialul pentru adoptarea largă a FlexiSee++ în diverse regiuni geografice, evidențiind în același timp variațiile în viteza de procesare bazată pe aplicația de filtrare vizuală.

4.7.3 Aplicații ale FlexiSee++

Contribuția de cercetare a FlexiSee++ se află în domeniul sistemelor informatice interactive, un subdomeniu al Interacțiunii Om-Calculator concentrat pe aspectele tehnice pentru crearea de sisteme interactive eficiente. Clasificată ca o contribuție “artefact” [104], FlexiSee++ introduce posibilități noi, în special în contextul DYCWIS combinat cu DYSWIS. DYCWIS permite utilizatorilor remote, cum ar fi profesioniștii din domeniul sănătății, să participe activ în controlul dispozitivelor și aplicațiilor de sănătate alături de utilizatorii principali. Facilitează ajustările în timp real, monitorizarea și procesele de luare a deciziilor. Extinderea DYCWIS către alte canale senzoriale, cum ar fi auditive și olfactive, deschide noi oportunități pentru aplicații în domenii precum reabilitarea neuromotorie, unde calculatoarele portabile și tehnologiile XR pot îmbunătăți percepțiile senzoriale și funcțiile motorii. Cu toate acestea, acceptabilitatea socială a DYCWIS în comparație cu DYSWIS variază în funcție de contexte, necesitând studii ale utilizatorilor pentru a explora factorii care influențează acceptabilitatea utilizatorilor, preocupările privind confidențialitatea și considerațiile etice. Asigurarea autonomiei utilizatorului, protecția confidențialității și securitatea datelor prin criptare, mecanisme de control al accesului și comunicare transparentă este esențială pentru utilizarea etică a sistemelor DYSWIS și DYCWIS, subliniind necesitatea colaborării interdisciplinare între cercetători, ingineri, eticieni și experți legali.

5 REALITATEA EXTINSĂ PENTRU ÎMBUNĂȚIREA ABILITĂȚILOR COGNITIVE

Acest capitol explorează tehnici XR pentru îmbunătățirea abilităților cognitive. Prima secțiune prezintă MR4ISL (Realitate Mixtă pentru Învățare Socială Implicită), o primă aplicație care folosește MR pentru a investiga Învățarea Socială Implicită (ISL), un proces inconștient care influențează comportamentul și funcționarea emoțională. A doua secțiune ilustrează MR4FakeNews (Realitate Mixtă pentru Știri False), conceput pentru a studia interacțiunile cu știrile false și factorii psihologici care le afectează. În cele din urmă, capitolul explorează interacțiunile periferice în mediile XR, prezentând un cadru conceptual care integrează Continuul Interacțiune-Atenție și Continuul Real-Virtual pentru a îmbunătăți experiența utilizatorului. Formalizarea “ecran XR” extinde afișajele ambientale către XR, introducând SAPIENS-IN-XR, un cadru îmbunătățit care utilizează SAPIENS pentru a sprijini cercetătorii și practicienii în explorarea, proiectarea și implementarea interacțiunilor periferice în setările XR.

5.1 Realitatea Extinsă pentru Asistarea Învățării Sociale

5.1.1 Învățarea Socială Implicită

Mai multe studii [54, 75] au evidențiat fenomenul învățării implicite, sugerând că oamenii se angajează în modele comportamentale complexe ghidate de cunoștințe procedurale dobândite în mod inconștient. În special, indivizii pot face presupuneri precise despre stările emoționale ale altora pe baza indiciilor subtile, cum ar fi tonul vocii sau postura corpului, fără conștientizarea explicită a modului în care au obținut aceste informații [54]. Această învățare implicită modelează interacțiunile sociale, permițând indivizilor să perceapă și să interpreteze cu ușurință semnalele emoționale prin expunere și experiențe repetate. ISL [74], recunoscut de decenii în psihologie, influențează comportamentul, gândirea și emoțiile, însă paradigmele experimentale curente adesea nu au validitate ecologică, bazându-se pe stimuli artificiali. Pentru a acoperi această lacună și a avansa în înțelegere, sunt necesare paradigme experimentale noi care să integreze stimuli sociali și emoționali pentru a reflecta cu exactitate scenariile din viața reală. Dezvoltarea unor astfel de metodologii este crucială pentru îmbunătățirea înțelegerii ISL și conexiunea sa cu abilitățile socio-emoționale, permițând cercetătorilor să exploreze aceste procese în mod eficient în medii realiste.

5.1.2 MR4ISL: Arhitectura Software și Implementare Tehnică

Arhitectura software a MR4ISL este ilustrată în Figura 5.1, prezentând un avatar cu animații predefinite activate de intrările utilizatorului, fie prin comenzi vocale, fie prin gesturi. Dezvoltată pe HoloLens de prima generație, utilizând Visual Studio 2017, Unity3D și Windows Software Development Kit pentru Windows 10, MR4ISL integrează API-ul Google Cloud Speech-to-Text pentru recunoașterea vocală și Node.js pentru funcționalitatea serverului. Recunoașterea gesturilor folosește capacitățile încorporate ale HoloLens-ului, permițând interacțiu-

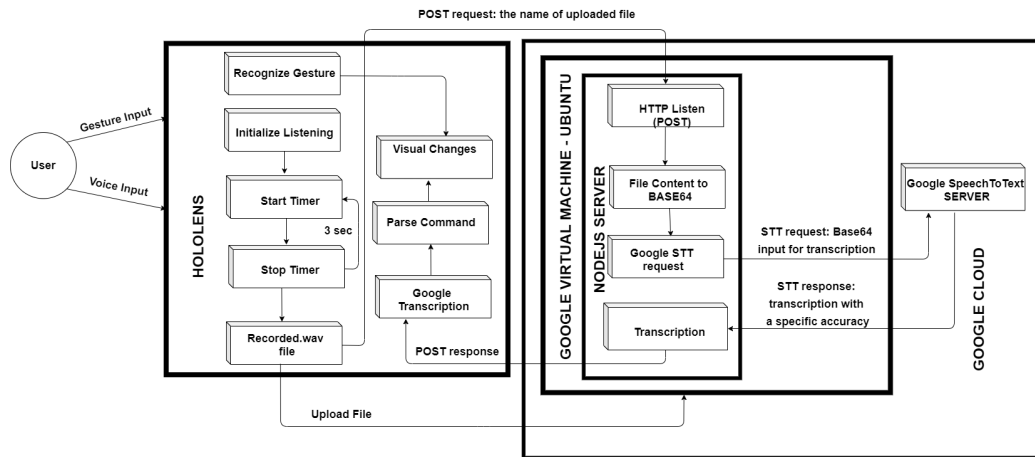


Figura 5.1: Diagrama arhitecturii software a aplicației MR4ISL [61].

nea prin gesturile *bloom* și *air-tap*⁴. Pentru a permite recunoașterea vocală dincolo de comenzile în limba engleză, un server Node.js mediează comunicarea cu API-ul Google Cloud STT, procesând datele audio capturate de microfonul HoloLens-ului. Fidelitatea fotorealistică și varietatea de animații în avatarurile virtuale sunt cruciale pentru experimentele psihologice în MR, stimulând explorarea platformelor de creație a avatarurilor precum Character Creator⁵, MakeHuman⁶ și Adobe Mixamo⁷, Mixamo oferind realitatea dorită și diversitatea de animații potrivite pentru studierea ISL.

5.1.3 Scenarii de Utilizare, Discuție și Limitări

Figura 5.2 reprezintă vizual diferitele stări ale avatarurilor virtuale poziționate pe podea în spațiul MR al MR4ISL, unde utilizatorul participă activ la un studiu controlat. Inițial, participantul observă mișcările de dans predefinite executate de un avatar virtual, urmate de sarcini care evaluează capacitatea participantului de a distinge între mișcările conforme și cele care încalcă regulile. Discriminarea reușită fără înțelegerea conștientă indică ISL, crucial pentru înțelegerea comportamentului și cogniției umane [17]. Feedback-ul de la trei cercetători în psihologie (cu experiență de 23, 6 și 4 ani) evidențiază potențialul MR4ISL în psihoterapiile cognitiv-comportamentale și intervențiile psihologice, oferind instrumente de evaluare noi și medii de intervenție imersive [9]. Integrând MR4ISL în evaluări, clinicienii pot explora lacunele ISL în diverse tulburări psihologice precum tulburările din spectrul autismului, posibil dezvăluind factori trans-diagnostici care stau la baza funcționării sociale afectate [32]. În intervenții, rolul MR4ISL se extinde pentru a facilita terapia de expunere pentru condiții precum autismul, expunând treptat indivizii la stimuli sociali complecși [24]. Cu toate acestea, limitarea actuală a MR4ISL în acomodarea interacțiunilor cu un singur avatar virtual împiedică explorarea dinamicii complexe de învățare socială care implică mai multe avatare. Introducerea interacțiunilor prin gesturi, cum ar fi gesturile de atingere în aer sau senzori externi precum Kinect, poate îmbunătăți UX, adresând provocările asociate cu gesturile implicite ale HoloLens-ului. Mai mult, trecerea la modele de HMD-uri mai noi precum HoloLens 2 și HTC Vive poate îmbunătăți UX-

⁴HoloLens 1 gestures for authoring and navigating in Dynamics 365 Guides, <https://docs.microsoft.com/en-us/dynamics365/mixed-reality/guides/authoring-gestures>

⁵<https://charactercreator.org>

⁶<http://www.makehumancommunity.org>

⁷<https://www.mixamo.com>



Figura 5.2: Două personaje virtuale animate, randate de MR4ISL la înălțimea unui adult și ancorate pe podea. Imaginile din partea de sus ilustrează situația socială a unei persoane care dansează; imaginile din partea de jos arată un alt comportament întâlnit frecvent, arătând cu o mână.

ul prin furnizarea unui câmp vizual mai larg și o rezoluție îmbunătățită, asigurând o experiență mai imersivă și detaliată.

5.1.4 XR4ISL: O Extensie a MR4ISL pentru XR

Explorarea integrării între MR4ISL și VR oferă un potențial semnificativ pentru cercetarea în domeniul ISL, introducând un scenariu de utilizare VR, introdus sub numele de XR4ISL, pentru a completa MR4ISL și pentru a furniza o condiție de control pentru experimentele de psihologie. XR4ISL, folosind HTC Vive Cosmos⁸ și Unity 3D, permite o tranziție fără probleme de la medii reale la medii virtuale, îmbunătățind imersiunea și reducând factorii perturbatori în experimentele de ISL; vezi Figura 5.3, dreapta. Prin adaptarea tehnicilor de interacțiune bazată pe controler și valorificarea caracteristicilor tehnice superioare, XR4ISL îmbunătățește implicarea utilizatorului și extinde posibilitățile de cercetare [45]. Reflectând asupra diferențelor dintre MR4ISL și XR4ISL dezvăluie perspective asupra efectuării experimentelor de psihologie atât în MR, cât și în VR, evidențiind considerații precum mobilitatea utilizatorului, sentimentul de prezență în XR, câmpul vizual (FOV), rezoluția ecranului, rata de reîmprospătare și metaforele de interacțiune. În timp ce MR oferă avantaje în mobilitatea utilizatorului și integrarea cu lumea fizică, VR excelează în furnizarea de stimuli consecvenți și experiențe imersive. Migrația către VR, facilitată de XR4ISL, le oferă cercetătorilor un FOV îmbunătățit, o rezoluție a ecranului și o rată de reîmprospătare, conducând la experimente mai imersive și realiste [45]. În plus, tranziția către VR introduce interacțiunea bazată pe controler, permițând interacțiuni precise și metafore de teleportare, îmbunătățind implicarea și posibilitățile de interacțiune ale utilizatoru-

⁸<https://www.vive.com/us/product/vive-cosmos/overview>

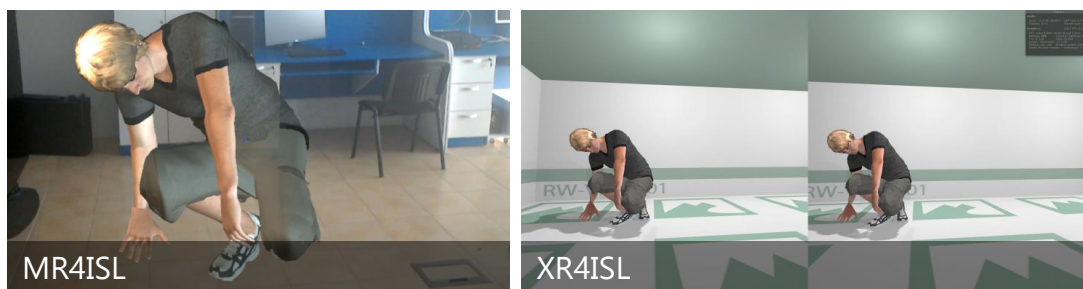


Figura 5.3: Capturi de ecran din MR4ISL (stânga) și XR4ISL (dreapta) arătând un avatar virtual ridicându-se de la sol.

lui în mediul virtual. Pe măsură ce tehnologia continuă să evolueze, distincțiile dintre MR și VR se estompează continuu, oferind experiențe hibride care combină punctele forte ale ambelor medii. În cele din urmă, XR4ISL servește ca un pod între MR și VR, facilitând oportunități de cercetare inovatoare în domeniul ISL.

5.2 Realitatea Extinsă pentru Identificarea Predictorilor Cognitivi ai Vulnerabilității la Știrile False

5.2.1 Context

Eforturile de înțelegere a susceptibilității la știrile false, în special în timpul evenimentelor precum alegerile din SUA din 2016 și pandemia COVID-19, s-au intensificat, concentrându-se în principal pe dezinformare politică și legată de sănătate [47]. Predictorii vulnerabilității la știrile false politice includ fundamentalismul, deluzionalitatea, exagerările și închiderea minții, în timp ce vulnerabilitatea la dezinformare legată de sănătate este asociată cu deficitul de educație și alfabetism în sănătate, lipsa de încredere în sistemul de sănătate și credința în medicina alternativă [11, 63]. Gândirea analitică apare ca o variabilă comună, cu diferențe subtile în funcție de tipul de dezinformare vizat [80]. Cercetările sugerează că persoanele care se angajează în gândire reflexivă și verificare a faptelor sunt mai puțin susceptibile la știrile false, deși influențele de mediu pot slăbi acest efect, deoarece dezinformarea întâlnită anterior tinde să fie mai credibilă, indiferent de acuratețe [65]. În ciuda încercărilor platformelor de social media de a combate dezinformarea prin etichetarea conținutului dubios, această abordare poate avea un efect negativ, crescând credința în informațiile neetichetate [64]. Intervențiile eficiente includ inocularea, care implică expunerea la știri false într-un cadru controlat pentru a instrui indivizii în metodele de detectare, și împingerea ușoară, care subtil amintește utilizatorilor importanța acurateței, reducând astfel răspândirea dezinformării. Cu toate acestea, este nevoie de inovație tehnologică pentru a diversifica materialele de stimulare dincolo de formatul limitat al titlurilor de știri prezentate pe platforme precum Facebook, pentru a înțelege și combate mai bine răspândirea știrilor false.

5.2.2 Implementare Tehnică

MR4FakeNews este o aplicație de realitate mixtă (MR) dezvoltată special pentru dispozitivul HoloLens 2 [44], având ca scop investigarea dinamicii interacțiunii utilizatorului cu știrile false și influența variabilelor psihologice asupra acestor interacțiuni. Prin scene MR imersive, utilizatorii se angajează cu articole simulate de știri false, facilitată de tehnologia de intrare vocală și urmărirea privirii, oferind informații despre predictorii cognitivi asociați cu susceptibilitatea la dezinformare. Valorificând capacitățile HoloLens 2, aplicația asigură randarea textului

lizibil și prezentarea vizuală coerentă în cadrul afișajului căștii, integrând în același timp recunoașterea vocală și funcțiile de urmărire a privirii pentru a îmbunătăți interacțiunea utilizatorului și colectarea datelor. Procesul de dezvoltare a implicat utilizarea uneltelor precum Visual Studio 2019, Unity3D pentru crearea experienței MR, și Mixed Reality Toolkit (MRTK) pentru dezvoltarea și integrarea fără probleme a funcționalităților MR. Prin implementarea scripturilor de captare și analiză a datelor de urmărire a privirii în cadrul MR4FakeNews, cercetătorii pot urmări comportamentul de lectură al utilizatorilor la un nivel granular, inclusiv ordinea de citire, frecvența de recitare a cuvintelor și durata de citire a cuvintelor, facilitând însuși înțelegerea detaliată a angajamentului utilizatorului cu articolele simulate. În plus, aplicația permite progresia fără probleme între paginile articolelor prin comenzi vocale, cu prompturi ulterioare de evaluare pentru ca utilizatorii să evalueze subiectiv credibilitatea conținutului prezentat.

5.2.3 Scenarii de Utilizare, Discuție și Limitări

Am prezentat MR4FakeNews la doi experți în psihologie cognitivă pentru a colecta feedback și a informa ulteriorul design, identificând în același timp cazuri suplimentare de utilizare, în special în investigarea relației dintre procesele cognitive și vulnerabilitatea la știrile false. Prin folosirea MR4FakeNews, studiile ar putea explora atât procesele cognitive de nivel inferior, cât și cele de nivel superior implicate în distingerea știrilor false [88]. Pentru procesele cognitive de nivel inferior, instrumentul oferă potențialul de a evalua manifestările comportamentale ale fenomenelor precum efectul iluziei adevărului, oferind înțelegeri despre modul în care participanții percep și interacționează cu informațiile întâlnite anterior și cu stimuli similari [65]. Prin examinarea modelelor de interacțiune în timpul expunerii repetate, cercetătorii pot distinge care elemente captează atenția și au potențial să diminueze efectul iluziei adevărului. În plus, MR4FakeNews extinde domeniul înțelegerii proceselor cognitive de nivel înalt, studiate tradițional prin sondaje, oferind colectare de date în timp real. Extinzând metodologiile existente, MR4FakeNews ar putea aduce lumină asupra rolului reflecției cognitive și monitorizării metacognitive, cum ar fi încrederea excesivă în memorie, ca predictorii vulnerabilității la știrile false [39]. În ciuda limitării actuale în ajustarea manuală a obiectelor de text în cadrul scenei MR, iterațiile viitoare ar putea simplifica procesul în timp ce optimizează performanța dispozitivului pentru a îmbunătăți utilizabilitatea și eficiența în analiza răspunsurilor cognitive la știrile false.

5.3 Realitatea Extinsă pentru Interacțiuni Periferice

5.3.1 Context

În fiecare zi, viețile noastre implică o interacțiune continuă între atenție și interacțiune cu mediul înconjurător, facilitând conștientizarea informațiilor din mediul fizic în timp ce se schimbă atenția între conștientizarea focală și periferică. Acest aspect fundamental al cogniției umane a fost exploatat de comunitățile științifice de Interacțiune Om-Calculator (HCI) și Inteligență Ambientală (AmI), conducând la dezvoltarea conceptelor precum interacțiunile periferice, computație liniștită, mediile inteligente transmise prin ecrane ambiante [6, 102]. Recent, aceste concepte s-au extins și către VR și AR [76]. Designul interacțiunii acoperă un spectru de la interacțiuni concentrate care necesită atenție conștientă și control precis, la interacțiuni implicite care operează la un nivel subconștient [7]. Interacțiunile periferice, situate în mijlocul acestui continuum, vizează periferia atenției, amestecând elemente subconștiente și intenționate în mod transparent în rutinele zilnice [7]. În timp ce interacțiunile periferice au fost explorate în mod extensiv în medii tradiționale, adaptarea lor la mediile XR rămâne în mare parte nein-

vestigată [8, 84]. Odată cu creșterea integrării tehnologiilor XR în viața de zi cu zi și creșterea anticipată a metaversului, există o necesitate urgentă de a reevalua interacțiunile periferice în aceste medii imersive [30].

5.3.2 O Formalizare a Interacțiunilor Periferice în Realitatea Extinsă

Integrarea tehnologiilor XR în medii inteligente promite să îmbunătățească interacțiunile periferice prin abordarea limitărilor ecranelor fizice tradiționale prin factori de formă flexibili. Ecranele XR oferă o soluție dinamică, permițând instanțierea la cerere și adaptarea la contextul utilizatorului și evenimentele din mediul lor [96]. Prin exploatarea ecranelor XR, conținutul poate fi suprapus și aliniat în mod fluid cu obiectele fizice și afișajele ambiante, satisfăcând preferințele utilizatorului și oferind interfețe personalizate pentru interacțiuni periferice [60]. De exemplu, ecranele XR pot imita versiuni virtuale ale dispozitivelor fizice familiare, ilustrând versatilitatea XR în mediile hibride fizice-virtuale [96]. Am propus un spațiu conceptual pentru interacțiunile periferice în XR, formalizând caracteristicile și capacitățile unui “ecran XR”.

Având în vedere lipsa unui cadru formalizat pentru dinamica interacțiunii-atenției în mediile XR, propun un continuu bidimensional inspirat din Continuul Interacțiune-Atenție dezvoltat de Bakker și Niemantsverdriet [7] pentru mediile fizice și Continuul Real-Virtual al lui Milgram [46] pentru integrarea domeniilor fizic și virtual. Acest cadru, ilustrat în Figura 5.4, delimitează cerințele de atenție pe axa orizontală, de la atenție redusă la atenție ridicată, și progresul de la realități pur fizice la realități mixte pe axa verticală. Prin integrarea elementelor virtuale, cum ar fi suprapunerile AR, designerii pot crea experiențe imersive care variază de la indicii periferice subtile la interacțiuni centrale care solicită atenția. Pentru a operaționaliza aceste concepte, continuul este împărțit în cinci regiuni, fiecare reprezentând scenarii de aplicare distincte. Regiunea 1 implică augmentarea conținutului livrat prin ecrane fizice cu suprapuneri XR, așa cum se vede în aplicațiile ARTV. În regiunea 2, utilizatorii poartă HMD-uri care contextualizează notificările în cadrul mediului lor fizic, integrând fără probleme conținutul digital în mediul lor. Regiunea 3 se adresează mediilor colaborative XR, adaptând livrarea mesajelor în funcție de caracteristicile individuale ale utilizatorului pentru a optimiza implicarea. Regiunea 4 se concentrează pe interacțiunile periferice, unde ecranele fizice îmbogățite cu conținut virtual fac tranziția fără probleme în funcție de câmpul vizual al utilizatorului. În cele din urmă, regiunea 5 reprezintă conținutul în afara domeniului de atenție al utilizatorului, oferind posibilități pentru ecranele XR de a se ascunde temporar din vedere, adaptându-se variațiilor în orientarea utilizatorului și în privilegiile de acces la conținut.

Conceptul de ecran XR este esențial în extinderea Interacțiunii-Atenției pe continuul Real-Virtual, diferențiindu-se de ecranele fizice. O sinteză a taxonomiilor de ecrane subliniază necesitatea și contextualizarea acestui concept. Itoh și colab. [30] au clasificat ecranele în funcție de tipurile de realism: spațial, temporal și vizual. Realismul spațial implică înregistrarea precisă a conținutului virtual în spațiul tridimensional al utilizatorului, abordând corectarea distorsiunilor și relațiile spațiale. Lantz [34] a categorisit ecranele în clase mici, medii și mari, cu accent pe cele mici până la medii, datorită accesibilității. Ardito și colab. [1] au explorat caracteristici precum tehnologia de vizualizare, configurarea ecranului, modalitatea de interacțiune, aplicația și locația pentru a diferenția ecranele mari. Heller și colab. [25] au categorisit ecranele portabile în funcție de amplasament și proprietățile conținutului. Ecranele XR reprezintă o categorie distinctă, cuprinzând realismul spațial și vizual, atribute multi-scală și criterii de ecrane ale utilizatorului augmentabile. Acestea facilitează tranziții fluide între lumea fizică și cea virtuală și au importanță crucială pentru interacțiunile în mediile XR. Aplicațiile practice ale ecranelor XR, fa-

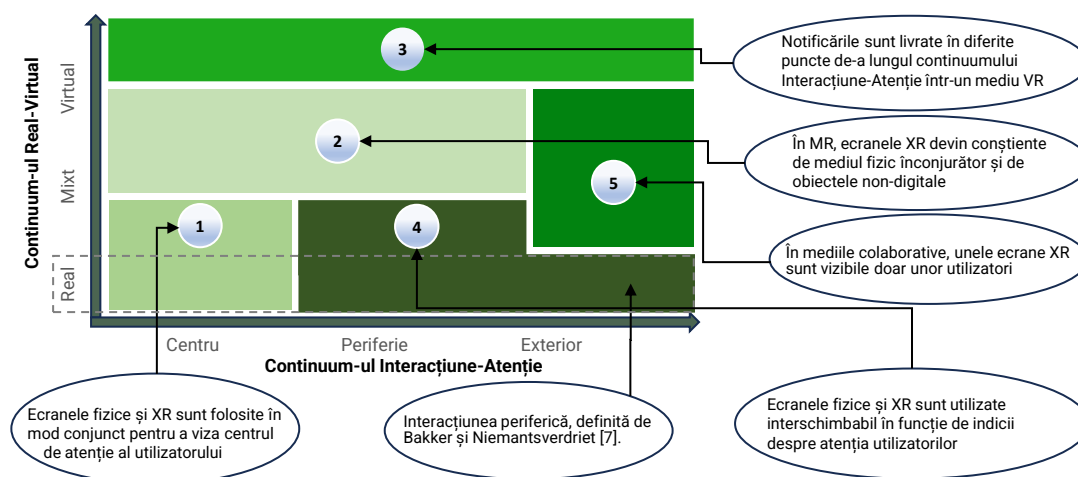


Figura 5.4: În spațiu conceptual bidimensional pentru interacțiunea periferică în XR în conjuncția continuumului Interacțiune-Atenție [7] și a continuumului Real-Virtual [46]. Scenariile de aplicații ale interacțiunilor periferice descrise în literatura științifică, de exemplu cele de la Bakker și Niemantsverdriet [7], se află în regiunea “Reală” a spațiului conceptual, delimitate de linia punctată.

cilitate de SAPIENS-IN-XR [57], sunt discutate ulterior, subliniindu-și relevanța în îmbunătățirea experiențelor utilizatorului.

5.3.3 SAPIENS-IN-XR, o Arhitectură și Simulator Software Bazat pe Evenimente pentru Interacțiuni Periferice în XR

În această secțiune, introduc SAPIENS-IN-XR [57], o arhitectură software pentru interacțiuni periferice în mediile XR. Ea extinde funcționalitatea predecesorului său, SAPIENS, către spațiile virtuale [84]. Accesibilă ca o aplicație web Three.js online, SAPIENS-IN-XR facilitează simulările de evenimente și schimburile de mesaje între dispozitive și componente software. Componentele specializate dedicate interacțiunii periferice XR sunt discutate, împreună cu observații dintr-o evaluare tehnică. De asemenea, prezint simulatorul împreună cu exemple de unele simulări pe care le-am efectuat.

5.3.3.1 Arhitectura Software

Această arhitectură se bazează pe SAPIENS [84], deja stabilită, înrădăcinată în EUPHORIA [83], concepută pentru a facilita interacțiunile cu diverse dispozitive de intrare/ieșire în medii inteligente. Beneficiind de cunoștințele din literatura științifică despre mediile inteligente și interacțiunile cu dispozitivele fizice, SAPIENS-IN-XR introduce componente software noi, adaptate pentru mediile XR. Central în această arhitectură este middleware-ul XR-PHYSICAL-REALITY-FUSION, care combină datele provenite de la ecranele fizice și cele XR pentru a crea un mediu coeziv. Acest middleware acționează ca o interfață abstractă pentru dispozitivele de intrare/ieșire, integrând capacități de detectare a atenției și conștientizarea contextului din SAPIENS [84], facilitând astfel integrarea sa în setările XR. Componenta ATTENTION-DETECTION depășește predecesorul său prin utilizarea tehnologiilor avansate precum urmărirea ochilor și a capului, detectoare de mână și gesturi și recunoașterea vorbirii pentru a evalua atenția utilizatorului în mediul XR. Stratul DEVICES cuprinde dispozitive fizice și XR, fiecare asociat cu adaptoare specifice care oferă interfețe generice. În ciuda distincției între ecranele fizice și virtuale, arhitectura le abstractizează în obiecte software generalizate, asigurând o logică uniformă. În cele din urmă, com-

ponenta `XR-DISPLAYS-HANDLER` gestionează ecranele XR, ajustându-le pe baza informațiilor de la `ATTENTION-DETECTION` și `PRIORITY-MANAGEMENT`, facilitând livrarea eficientă a notificărilor.

Codul sursă al arhitecturii software `SAPIENS-IN-XR` poate fi găsit online la următorul URL: <http://www.eed.usv.ro/mintviz/resources/SAPIENS/in-XR.html>.

5.3.3.2 Performanța Tehnică a `SAPIENS-IN-XR`

Pentru a evalua capacitățile tehnice ale arhitecturii software `SAPIENS-IN-XR` în ceea ce privește ecranele XR, s-a desfășurat un experiment de simulare care a examinat procesarea evenimentelor, notificările și evenimentele asociate în cadrul arhitecturii. Metrica principală pentru evaluare a fost timpul de procesare al evenimentelor, măsurat în milisecunde, de la crearea evenimentului până la finalizarea acestuia pe ecranele XR, o metrică larg adoptată pentru evaluarea performanței software-ului. Au fost luate în considerare diverse condiții, cum ar fi tipurile de conținut, dimensiunile și complexitățile mediului [82]. Impactul complexității mediului asupra timpului de procesare a fost explorat prin varierea numărului de ecrane XR de la 1 la 16, cu evenimente injectate aleatoriu folosind o distribuție Poisson, reflectând diferite rate de notificare (λ) într-un interval de 5 secunde. Rate mai mari ($\lambda=10$) au simulat medii agresive cu notificări frecvente, în timp ce rate mai mici ($\lambda=5$, $\lambda=1$) au reprezentat scenarii mai calme. Utilizând o aplicație server Node.js pe un PC Windows 10 cu 64GB RAM și un CPU Intel Core i9-9900KF de 3.60GHz conectat la o rețea Wi-Fi de 5GHz, au fost generate 100 de evenimente pentru fiecare condiție, cu timpi medii de procesare per eveniment cuprinși între 11ms pentru 1-2 ecrane și 18ms pentru 16 ecrane.

5.3.3.3 `SAPIENS-IN-XR` ca un Simulator pentru Interacțiuni Periferice în Mediile XR

Discuția a evidențiat un număr limitat de studii empirice despre stările atenționale ale utilizatorilor în mediile XR, majoritatea concentrându-se pe sarcinile de căutare vizuală. Pentru a acoperi această lacună și a explora posibilitățile de interacțiune periferică în XR, a fost dezvoltat simulatorul web `SAPIENS-IN-XR`. Această aplicație facilitează specificarea rapidă și explorarea aspectelor de afișare XR, având ca scop îmbunătățirea designului de interacțiune periferică. Prin exemple, sunt prezentate diverse tipuri de ecrane XR pentru scenarii de interacțiune periferică. Notificările joacă un rol central în simulare, având proprietăți precum nivelele de prioritate și comportamente distincte, ce pot fi modificate în timpul simulării. Simulatorul interacționează cu componentele `SAPIENS-IN-XR` prin apeluri standard HTTP și WebSocket, asigurând integrare și implementare fără probleme în diverse scenarii. Un panou de control oferă casete de selecție interactive pentru monitorizarea elementelor de simulare în timp real, organizate în panouri, notificări, module software, dispozitive personale, dispozitive ambientale și dispozitive XR. Activarea modulelor specifice în cadrul sistemului, cum ar fi `ATTENTION-DETECTION` și `PRIORITY-MANAGEMENT`, permite utilizatorilor să-și personalizeze experiența conform preferințelor. Categoriile din panoul de control cuprind dispozitive personale, ecrane personale XR, dispozitive ambientale și dispozitive virtuale XR, oferind utilizatorilor un set cuprinzător de instrumente pentru explorarea interacțiunii XR. Prin acest simulator, cercetătorii și practicienii pot explora scenarii noi de interacțiune-atenție XR, avansând înțelegerea și dezvoltarea interacțiunilor periferice în mediile XR.

5.3.3.4 Exemplu de Simulări efectuate cu SAPIENS-IN-XR

În continuare, sunt prezentate șase scenarii simulate folosind implementarea web a SAPIENS-IN-XR pentru interacțiunea periferică cu ecranele XR. În scenariul S_1 , un singur utilizator, Michael, se bucură de o experiență de vizionare a filmului folosind ochelari inteligenți AR, primind notificări ocazionale la periferia câmpului său vizual, ceea ce ar putea fi benefic pentru utilizatorii care urmează terapie acasă. Scenariul S_2 implică un singur utilizator, Sandra, care utilizează mai multe ecrane atât în VR, cât și în lumea fizică, schimbând atenția între ele, o situație care necesită luarea în considerare a posibilei amețeli. Scenariul S_3 ilustrează un singur utilizator, Matthew, care utilizează mai multe ecrane într-un mediu MR, interacționând fără probleme atât cu HMD-ul, cât și cu un ecran pe perete fără a-și schimba focusul. Scenariul S_4 introduce mai mulți utilizatori care interacționează cu dispozitive AR și MR, fiecare primind notificări adaptate dispozitivelor lor respective. Scenariul S_5 se extinde la mai mulți utilizatori care utilizează diferite dispozitive pentru vizionarea colaborativă a filmelor, introducând conceptul de schimbare a atenției între mediile fizice și virtuale pentru a consuma notificări livrate independent în aceste două lumi. Scenariul S_6 prezintă o variantă a scenariului S_5 , în care Sandra primește notificări de pe un ecran de perete prin AR, ceea ce necesită efort mental dar permite interacțiunea cu alți utilizatori XR.

5.3.4 Experiența Utilizator a Atenției Periferice în Realitatea Extinsă

Am efectuat un experiment controlat care se concentrează pe conceptul de câmp de vedere util, în care utilizatorii își mențin atenția în cadrul câmpului vizual central în timp ce sunt prezentate notificări periferice. Am ales scenariul S_3 prezentat anterior, care implică un HMD MR, pentru practicitatea sa și capacitatea de a accesa atât domeniile fizice, cât și cele virtuale, împreună cu ecranele ambientale. Un număr total de cincisprezece participanți au luat parte la experiment, dintre care 11 bărbați și 4 femei. Participanții erau tineri adulți cu vârste cuprinse între 18 și 29 de ani ($M=20.5$, $SD=3.0$ ani).

Am dezvoltat o aplicație HoloLens care prezenta un film de 21 de minute⁹ cu șaisprezece notificări text sincronizate strategic pentru a îmbunătăți experiența utilizatorului. Fiecare notificare, cu o lungime între opt și șaisprezece cuvinte, era afișată pentru o citire optimă. Jumătate dintre acestea apăreau în câmpul vizual al HoloLens, în timp ce restul erau afișate pe un ecran fizic conectat. Participanților li s-a cerut să apese tasta “Space” când observau o notificare, cu ordinea și durata aleatoare.

Experimentul a utilizat un design în cadrul subiecților, unde participanții au întâlnit condiții variate ale variabilei independente DISPLAY-TYPE, care cuprindeau medii virtuale și fizice, pentru a evalua impactul acestora asupra: rata de reamintire, vizibilității, gradului de adecvare, confortului și utilității, măsurate printr-un chestionar post-experiment folosind o scară Likert de 7 puncte. Vizibilitatea a măsurat ușurința de a vedea notificările, în timp ce adecvarea a evaluat potrivirea afișării notificărilor în mediile virtuale. Confortabilitatea a evaluat confortul participanților în timpul citirii notificărilor în lumea virtuală, iar utilitatea a determinat beneficiul perceput al primirii notificărilor. Ratele de reamintire au evaluat eficiența livrării notificărilor, suplimentată de numărul de notificări observate. În plus, timpul de reacție a măsurat durata de verificare a notificărilor, în timp ce teste generale au evaluat solicitarea cognitivă folosind testul TLX, utilizabilitatea cu chestionarul SUS, senzația de prezență prin intermediul chestionaru-

⁹The movie “40 days” was produced by Imagine8 Series and is available from <https://www.youtube.com/watch?v=R4FRIQ1GujU>.

lui de prezență (PQ v2.0) al lui Witmer și Singer [103], și Imersiunea folosind Chestionarul de Experiență Imersivă pentru Film și TV al lui Rigby și colab. [77].

5.3.5 Rezultate

5.3.5.1 Percepții despre Notificări

Experimentul a evaluat percepțiile participanților cu privire la notificările afișate în medii virtuale și fizice, concentrându-se pe vizibilitate, adecvare, utilitate și confort. Rezultatele au indicat evaluări ridicate pentru ambele medii în toate măsurile, cu vizibilitate la 81% și 83%, adecvare la 73% și 76%, confort la 86% pentru ambele, și utilitate la 83% și 84%, respectiv. În general, participanții au perceput notificările în mod similar în ambele medii, sugerând o eficacitate comparabilă fie că sunt livrate printr-un dispozitiv montat pe cap (HMD) în realitatea mixtă sau pe un ecran convențional în lumea fizică.

5.3.5.2 Performanța Utilizatorilor la Observarea Notificărilor

Studiul a examinat eficacitatea notificărilor prin analizarea ratei de reamintire, numărul de notificări observate și timpul de reacție al participanților în ambele medii, virtual și fizic. În medie, participanții au observat 75% din notificările prezentate, cu o rată mai mare de reamintire pentru notificările din mediul virtual (86,7%) în comparație cu cele de pe ecranul fizic (77,9%). Cu toate acestea, participanții au reacționat aproximativ cu 20% mai repede la notificările livrate în mediul virtual în comparație cu cele de pe ecranul fizic. În ansamblu, rezultatele sugerează niveluri similare de înțelegere și reamintire între cele două medii pentru notificările care vizează atenția periferică, cu timpi de reacție mai rapizi observați în mediul virtual.

5.3.5.3 Utilizabilitatea Percepută și Experiența Utilizator

Rezultatele experimentului au dezvăluit că scorul SUS mediu a fost de 79.3 (SD = 12.8). Participanții au raportat o percepție scăzută a solicitării cognitive, cu un scor mediu de 38.1 (SD = 15.6). Percepția imersiunii a avut o medie de 61.7 (SD = 8.8), indicând o captivare ridicată (M = 69.6) și înțelegere (M = 66.7), dar o disociere moderată față de lumea reală (M = 41.5) și transport (M = 50.9). Senzația de prezență a obținut un scor mediu de 68.8 (SD = 8.2), participanții simțindu-se implicați (M = 68.1), găsind interacțiunile naturale (M = 72.2), și raportând o percepție ridicată a auditivului (M = 83.3) și o bună calitate a interfeței (M = 69.3).

5.3.6 Limitări

Contribuția tehnică a arhitecturii software SAPIENS-IN-XR este supusă la câteva limitări. În primul rând, în timp ce au fost create adaptoare pentru dispozitive XR precum Vuzix Blade, HTC Vive și HoloLens, există potențial pentru o compatibilitate mai largă printr-un depozit comunitar pentru partajarea modulelor de adaptare. Acest lucru ar îmbunătăți compatibilitatea dispozitivelor și ar extinde domeniul de aplicare al software-ului. În al doilea rând, implementarea componentelor XR-PHYSICAL-REALITY-FUSION în cadrul aceleiași platforme ar putea fi optimizată prin utilizarea microserviciilor drept containere pentru modulele software, îmbunătățind potențial eficiența și scalabilitatea sistemului. În cele din urmă, absența unui modul dedicat pentru anticiparea experienței utilizatorului în scenariile de aplicare specifice ale interacțiunii periferice în mediile XR este o lacună semnificativă.

6 CONCLUZII

În această teză, am explorat potențialul XR pentru îmbunătățirea capacităților senzoriale și cognitive ale utilizatorilor, oferind atât contribuții teoretice, cât și aplicații practice. Prin intermediul unei recenzii a definițiilor și literaturii existente, am investigat domeniul XR în ceea ce privește îmbunătățirile senzoriale și cognitive. Concentrându-mă pe contribuțiile teoretice ale experienței utilizator în XR, am explorat cadrele, oportunitățile și principiile de design, în special în domeniul ARTV, unde am introdus conceptul de călătorii în Continuul ARTV și am propus un model comprehensiv de UX. În plus, am examinat Realitatea Augmentată Olfactivă (OAR), evidențiind principiile sale fundamentale și propunând o definiție. În continuare, am explorat rolul XR în îmbunătățirea abilităților senzoriale, abordând concepte precum DYCWIS și tehnici de înregistrare a vieții, și am prezentat dezvoltarea și analiza FlexiSee și FlexiSee++, împreună cu un experiment de simulare pentru a evalua accesibilitatea lor la distanță. În plus, am investigat impactul XR asupra abilităților cognitive prin proiecte precum MR4ISL, XR4ISL, și MR4FakeNews. Interacțiunile periferice în medii XR sunt, de asemenea, examinate, ducând la conceptualizarea unui cadru comprehensiv. Utilizând SAPIENS, o arhitectură software bazată pe evenimente, am formalizat „Ecran XR” și am extins-o pentru a include ecranele XR prin intermediul SAPIENS-IN-XR, evaluându-i eficiența printr-un studiu de simulare. Concluziile empirice din experimentul controlat au oferit înțelegerea percepției și performanței utilizatorului în medii virtuale și fizice, în special în ceea ce privește notificările periferice.

Lucrările viitoare ar putea să se concentreze pe rafinarea definiției propuse a Realității Augmentate Olfactive (OAR) prin colaborare cu experți din mediul academic și industrial și efectuându-se studii de utilizator pentru validare. Integrarea FlexiSee++ cu medii de calcul heterogene ar putea îmbunătăți capacitățile de procesare a datelor, folosind inele electronice, de exemplu, pentru maparea gesturilor de mișcare. De asemenea, este necesară cercetare suplimentară pentru a explora posibilitățile de design și a evalua eficacitatea sistemului, în special prin împuternicirea utilizatorilor în percepție și abilități motorii prin abordarea “Do You Control...?”. Considerațiile etice trebuie integrate în dezvoltarea sistemelor DYSWIS și DYCWIS. În continuul ARTV, măsurile suplimentare de experiență utilizator și specificațiile funcționale sunt esențiale, împreună cu explorarea designului interacțiunii și a informațiilor pentru experiențe utilizator îmbunătățite. MR4ISL și MR4FakeNews ar putea fi aplicate în contexte terapeutice, concentrându-se pe optimizarea învățării sociale implicite pentru diverse tulburări sau ar putea prioritiza interacțiunea cu avataruri virtuale sau știri false. Cercetările viitoare privind interacțiunea periferică în mediile de realitate extinsă ar putea viza evaluarea performanței utilizatorului în diverse scenarii de aplicație, îmbunătățind înțelegerea interacțiunilor periferice.

MULȚUMIRI

Această teză a fost realizată în cadrul Laboratorului de Mașini Inteligente și Vizualizarea Informației (MintViz) din Centrul integrat de cercetare, dezvoltare și inovare pentru Materiale Avansate, Nanotehnologii și Sisteme Distribuite de fabricație și control (MANSiD) al Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava. Această teză a fost susținută și de următoarele proiecte:

- “Transdiagnostic Mechanisms for Mental Disorders: A Mixed Reality System for the Assessment of Implicit Social Learning,” Project no. PN-III-P2-2.1-PED-2019-4599; Contract no. 347PED/2020.
- “Increasing the Institutional Capacity of the Machine Intelligence and Information Visualization Laboratory for Excellent Research in Interactive Technology,” Project no. PN-III-P3-3.6-H2020-2020-0034; Contract no. 12/2021.
- “RadarSense: Radar-based Sensing Algorithms, Techniques, and Applications for Novel Interactions with Computing Systems,” Project no. PN-III-CEI-BIM-PBE-2020-0001; Contract no. 1BM/2021.
- “Sensorimotor Realities,” CNCS-UEFISCDI; Project no. PN-III-P4-ID-PCE-2020-0434 (PCE29/2021).

De asemenea, am primit o bursă de călătorie pentru studenți de la ACM SIGMM pentru participarea la IMX 2022, Conferința Internațională ACM despre Experiențe Media Interactive (IMX).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Carmelo Ardito, Paolo Buono, Maria Francesca Costabile, and Giuseppe Desolda. Interaction with Large Displays: A Survey. *ACM Comput. Surv.*, 47(3), feb 2015. doi: [10.1145/2682623](https://doi.org/10.1145/2682623).
- [2] Air Aroma. Air Aroma. URL: <https://www.air-aroma.com/>.
- [3] Ayoung, Seok and Choi, Yongsoon. A Study on User Experience Evaluation of Glasses-Type Wearable Device with Built-in Bone Conduction Speaker: Focus on the Zungle Panther. In *Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video*, TVX '18, page 203–208, New York, NY, USA, 2018. ACM. doi: [10.1145/3210825.3213569](https://doi.org/10.1145/3210825.3213569).
- [4] Ronald T. Azuma. A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 6(4):355–385, August 1997. URL: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- [5] Nick Babich. UX Design Principles for Augmented Reality. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/design/app-patterns-landingpage>.
- [6] Saskia Bakker, Elise Hoven, and Berry Eggen. Peripheral Interaction: Characteristics and Considerations. *Personal Ubiquitous Comput.*, 19(1):239–254, jan 2015. doi: [10.1007/s00779-014-0775-2](https://doi.org/10.1007/s00779-014-0775-2).
- [7] Saskia Bakker and Karin Niemantsverdriet. The Interaction-Attention Continuum: Considering Various Levels of Human Attention in Interaction Design. *International Journal of Design*, 10(2):1–14, 2016. URL: <http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/2341>.
- [8] Saskia Bakker, Elise van den Hoven, Berry Eggen, and Kees Overbeeke. Exploring Peripheral Interaction Design for Primary School Teachers. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, TEI '12, page 245–252, New York, NY, USA, 2012. ACM. doi: [10.1145/2148131.2148184](https://doi.org/10.1145/2148131.2148184).
- [9] Judith S. Beck. *Cognitive Behavior Therapy: Basics and Beyond (3rd Ed)*. Guilford Press, 2020. URL: <https://www.guilford.com/books/Cognitive-Behavior-Therapy/Judith-Beck/9781462544196>.
- [10] Mark Billingham and Michael Nebeling. Rapid Prototyping of XR Experiences. In *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, 2021. ACM. URL: <https://doi.org/10.1145/3411763.3445002>.
- [11] Michael Bronstein, Gordon Pennycook, Adam Bear, and Tyrone Cannon. Belief in Fake News is Associated with Delusionality, Dogmatism, Religious Fundamentalism, and Reduced Analytic Thinking. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 8, 10 2018. doi: [10.1016/j.jarmac.2018.09.005](https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2018.09.005).
- [12] John Cheng. Early Challenges in AR UX, 2018. URL: <https://design.google/library/augmented-reality-ux-design/>.
- [13] Kelvin Cheng and Ichiro Furusawa. Using Mixed Reality for Promoting Brand Perception. In *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, VRST '18, New York, NY, USA, 2018. ACM. doi: [10.1145/3281505.3281574](https://doi.org/10.1145/3281505.3281574).
- [14] Scent Communication. Scent Communication. URL: <https://scentcommunication.com/>.

- [15] Shreyas Deshmukh. 5 UX Principles for Designing User-Friendly AR Experiences, January 2023. Last accessed June 2023. URL: <https://uxplanet.org/5-ux-principles-for-designing-user-friendly-ar-experiences-add52d6c3772>.
- [16] Sujitha Juliet Devaraj. Chapter 2 - Emerging Paradigms in Transform-Based Medical Image Compression for Telemedicine Environment. In Hemanth D. Jude and Valentina Emilia Balas, editors, *Telemedicine Technologies*, pages 15–29. Academic Press, 2019. doi:10.1016/B978-0-12-816948-3.00002-7.
- [17] Zoltán Diene and Ryan Scott. Measuring Unconscious Knowledge: Distinguishing Structural Knowledge and Judgment Knowledge. *Psychological research*, 69:338–51, 07 2005. doi:10.1007/s00426-004-0208-3.
- [18] Xiaorong Ding, David Clifton, Nan Ji, Nigel Lovell, Paolo Bonato, Wei Chen, Xinge Yu, Jon Xue, Ting Xiang, Xi Long, Ke Xu, Xinyu Jiang, Qi Wang, Bin Yin, Guodong Feng, and Yuanting Zhang. Wearable Sensing and Telehealth Technology with Potential Applications in the Coronavirus Pandemic. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 2:48 – 70, May 2020. doi:10.1109/RBME.2020.2992838.
- [19] Magnus Eriksen. 6 UX Design Principles for Augmented-Reality Development, March 2013. URL: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2023/03/6-ux-design-principles-for-augmented-reality-development.php>.
- [20] Pabini Gabriel-Petit. UX Matters: Glossary Terms. URL: <https://www.uxmatters.com/glossary/>.
- [21] Jesse James Garrett. *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. New Riders Publishing, USA, 2nd edition, 2010. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/the-elements-of/9780321688651>.
- [22] Uwe Gruenefeld, Jonas Auda, Florian Mathis, Stefan Schneegass, Mohamed Khamis, Jan Gugenheimer, and Sven Mayer. VRception: Rapid Prototyping of Cross-Reality Systems in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '22, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3491102.3501821.
- [23] Ramy Hammady, Minhua Ma, and Carl Strathearn. User Experience Design for Mixed Reality User Experience Design for Mixed Reality: A Case Study of Hololens in Museum. *International Journal of Technology Marketing*, 13, 07 2019. doi:10.1504/IJTMKT.2019.10025609.
- [24] Madeline Harms, Alex Martin, and Gregory Wallace. Facial Emotion Recognition in Autism Spectrum Disorders: A Review of Behavioral and Neuroimaging Studies. *Neuropsychology Review*, 20:290–322, 09 2010. doi:10.1007/s11065-010-9138-6.
- [25] Florian Heller, Kashyap Todi, and Kris Luyten. An Interactive Design Space for Wearable Displays. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*, New York, NY, USA, 2021. ACM. URL: <https://doi.org/10.1145/3447526.3472034>.
- [26] Stephen Hicks, Iain Wilson, Louwai Muhammed, John Worsfold, Susan Downes, and Christopher Kennard. A Depth-Based Head-Mounted Visual Display to Aid Navigation in Partially Sighted Individuals. *PloS one*, 8:e67695, 07 2013. doi:10.1371/journal.pone.0067695.
- [27] Steve Hodges, Lyndsay Williams, Emma Berry, Shahram Izadi, James Srinivasan, Alex Butler, Gavin Smyth, Narinder Kapur, and Ken Wood. SenseCam: A Retrospective

- Memory Aid. In *Proceedings of the 8th International Conference on Ubiquitous Computing*, UbiComp'06, page 177–193, Berlin, Heidelberg, 2006. Springer-Verlag. doi: [10.1007/11853565_11](https://doi.org/10.1007/11853565_11).
- [28] Seungyeon Huh, Shapna Muralidharan, Heedong Ko, and Byounghyun Yoo. XR Collaboration Architecture Based on Decentralized Web. In *The 24th International Conference on 3D Web Technology*, Web3D '19, page 1–9, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery. doi: [10.1145/3329714.3338137](https://doi.org/10.1145/3329714.3338137).
- [29] Shafraq Irshad and Dayang Rohaya Bt Awang Rambli. User Experience of Mobile Augmented Reality: A Review of Studies. In *2014 3rd International Conference on User Science and Engineering (i-USER)*, pages 125–130, 2014. doi: [10.1109/IUSER.2014.7002689](https://doi.org/10.1109/IUSER.2014.7002689).
- [30] Yuta Itoh, Tobias Langlotz, Jonathan Sutton, and Alexander Plopski. Towards Indistinguishable Augmented Reality: A Survey on Optical See-through Head-Mounted Displays. *ACM Comput. Surv.*, 54(6), jul 2021. doi: [10.1145/3453157](https://doi.org/10.1145/3453157).
- [31] Santiago González Izard, Óscar Alonso Plaza, Ramiro Sánchez Torres, Juan Antonio Juanes Méndez, and Francisco José García-Peñalvo. NextMed, Augmented and Virtual Reality Platform for 3D Medical Imaging Visualization: Explanation of the Software Platform Developed for 3D Models Visualization Related with Medical Images Using Augmented and Virtual Reality Technology. In *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, TEEM'19, page 459–467, New York, NY, USA, 2019. ACM. doi: [10.1145/3362789.3362936](https://doi.org/10.1145/3362789.3362936).
- [32] Karolina Janacek, Emőke Borbély-Ipkovich, Dezso Nemeth, and Xénia Gonda. How Can the Depressed Mind Extract and Remember Predictive Relationships of the Environment? Evidence From Implicit Probabilistic Sequence Learning. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 81:17–24, 2018. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2017.09.021>.
- [33] Marion Koelle, Swamy Ananthanarayan, and Susanne Boll. Social Acceptability in HCI: A Survey of Methods, Measures, and Design Strategies. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '20, page 1–19, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. doi: [10.1145/3313831.3376162](https://doi.org/10.1145/3313831.3376162).
- [34] Ed Lantz. A Survey of Large-Scale Immersive Displays. In *Proceedings of the 2007 Workshop on Emerging Displays Technologies: Images and beyond: The Future of Displays and Interacton*, EDT '07, page 1–es, New York, NY, USA, 2007. ACM. doi: [10.1145/1278240.1278241](https://doi.org/10.1145/1278240.1278241).
- [35] John Francis Leader. Mixed Reality Therapy: Presentation & Experience In Applied Psychology. *Annu. Rev. CyberTherapy Telemed.*, 14:215–217, 11 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/309772554_Mixed_Reality_Therapy_Presentation_Experience_In_Applied_Psychology.
- [36] Jie Li, Guo Chen, Huib de Ridder, and Pablo Cesar. Designing a Social VR Clinic for Medical Consultations. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '20, page 1–9, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. doi: [10.1145/3334480.3382836](https://doi.org/10.1145/3334480.3382836).
- [37] Michelle Liew. UX Design Principles for Augmented Reality. URL: <https://curiouscore.com/ux-design-jobs/ux-design-principles-for-augmented-reality>.

- [38] Ying-Li Lin, Tsai-Yi Chou, Yu-Cheng Liao, Yu-Cheng Huang, and Ping-Hsuan Han. TransFork: Using Olfactory Device for Augmented Tasting Experience with Video See-through Head-Mounted Display. In *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '18*, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3281505.3281560.
- [39] Benjamin Lyons, Jacob Montgomery, Andrew Guess, Brendan Nyhan, and Jason Reifler. Overconfidence in News Judgments Is Associated with False News Susceptibility. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, 05 2021. doi:10.1073/pnas.2019527118.
- [40] Steve Mann, James Fung, and Eric Moncrieff. EyeTap Technology for Wireless Electronic News Gathering. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, 3(4):19–26, oct 1999. doi:10.1145/584039.584044.
- [41] Steve Mann, Tom Furness, Yu Yuan, Jay Iorio, and Zixin Wang. All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X, Y), and Multimeditated Reality. *CoRR*, abs/1804.08386, 2018. URL: <http://arxiv.org/abs/1804.08386>, arXiv:1804.08386.
- [42] Bernard Marr. What Is Extended Reality Technology? A Simple Explanation For Anyone, August 2019. URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/08/12/what-is-extended-reality-technology-a-simple-explanation-for-anyone/#6ffa4ba37249>.
- [43] Claudia Martínez-Alcalá, Mirna Muñoz, and Josep Monguet. Design and Customization of Telemedicine Systems. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2013:618025, 01 2013. doi:10.1155/2013/618025.
- [44] Microsoft. HoloLens (2nd gen) hardware. Last accessed March 2023. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/hololens/hololens2-hardware>.
- [45] Paul Milgram and Fumio Kishino. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12):1321–1329, December 1994. URL: https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d_12_1321.
- [46] Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, and Fumio Kishino. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. In *Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers 2351, Telemicroscopy and Telepresence Technologies*, volume 2351, pages 282–292, USA, 1995. SPIE. URL: <https://doi.org/10.1117/12.197321>.
- [47] Fernando Miró-Llinares and Jesús Aguerri. Misinformation About Fake News: A Systematic Critical Review of Empirical Studies on the Phenomenon and Its Status as a ‘Threat’. *European Journal of Criminology*, 20:147737082199405, 04 2021. doi:10.1177/1477370821994059.
- [48] Walaa Mohamed and Mohammad Abdellatif. Telemedicine: An Iot Application for Healthcare Systems. In *Proceedings of the 8th International Conference on Software and Information Engineering*, pages 173–177, 04 2019. doi:10.1145/3328833.3328881.
- [49] Elham Monaghesh and Alireza Hajizadeh. The Role of Telehealth During COVID-19 Outbreak: A Systematic Review Based on Current Evidence. *BMC Public Health*, 04 2020. doi:10.21203/rs.3.rs-23906/v3.
- [50] Peter Morville. User Experience Design. URL: http://semanticstudios.com/user_experience_design/.

- [51] Ryu Nakagawa and Ken Sonobe. Encounters: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR. In *SIGGRAPH Asia 2019 XR*, SA '19, page 6–8, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3355355.3361886.
- [52] Ryu Nakagawa and Ken Sonobe. Encounters 2.0: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR. In *ACM SIGGRAPH 2020 Immersive Pavilion*, SIGGRAPH '20, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3388536.3407882.
- [53] Takuji Narumi, Shinya Nishizaka, Takashi Kajinami, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. Augmented Reality Flavors: Gustatory Display Based on Edible Marker and Cross-Modal Interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, page 93–102, New York, NY, USA, 2011. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/1978942.1978957.
- [54] Elisabeth Norman and Mark Price. Social Intuition as a Form of Implicit Learning: Sequences of Body Movements Are Learned Less Explicitly Than Letter Sequences. *Adv. in Cognitive Psychology*, 8:121–31, 06 2012. doi:10.2478/v10053-008-0109-x.
- [55] Cassandra Oduola. Assessing Empathy through Mixed Reality. In *Companion Publication of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces*, page 142–145, New York, NY, USA, 2016. ACM. URL: <https://doi.org/10.1145/2876456.2876466>.
- [56] Kimmy Paluch. What Is User Experience Design. URL: <http://migueldefresno.com/2009/04/what-is-user-experience-design-articles.html>.
- [57] Cristian Pamparău, Ovidiu-Andrei Schipor, Alexandru Dancu, and Radu-Daniel Vatavu. SAPIENS in XR: Operationalizing Interaction-Attention in Extended Reality. volume 27, pages 1765–1781, Sep 2023. doi:10.1007/s10055-023-00776-1.
- [58] Cristian Pamparău, Adrian Aiordachioae, and Radu-Daniel Vatavu. From Do You See What I See? To Do You Control What I See? Mediated Vision, From a Distance, for Eyewear Users. In *Proceedings of the 19th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, MUM '20, page 326–328, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3428361.3432089.
- [59] Cristian Pamparău and Radu-Daniel Vatavu. FlexiSee: Flexible Configuration, Customization, and Control of Mediated and Augmented Vision for Users of Smart Eyewear Devices. *Multimedia Tools Appl.*, 80(20):30943–30968, aug 2021. doi:10.1007/s11042-020-10164-5.
- [60] Cristian Pamparău and Radu-Daniel Vatavu. The User Experience of Journeys in the Realm of Augmented Reality Television. In *ACM International Conference on Interactive Media Experiences*, IMX '22, page 161–174, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3505284.3529969.
- [61] Cristian Pamparău, Radu-Daniel Vatavu, Andrei R. Costea, Răzvan Jurchiș, and Adrian Opre. MR4ISL: A Mixed Reality System for Psychological Experiments Focused on Social Learning and Social Interactions. In *Companion of the 2021 ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems*, EICS '21, page 26–31, New York, NY, USA, 2021. ACM. doi:10.1145/3459926.3464762.
- [62] Joseph A. Paradiso and James A. Landay. Guest Editors' Introduction: Cross-Reality Environments. *IEEE Pervasive Computing*, 8(3):14–15, July 2009. URL: <https://doi.org/10.1109/MPRV.2009.47>.

- [63] Gordon Pennycook. Who Falls for Fake News? The Roles of Bullshit Receptivity, Overclaiming, Familiarity, and Analytic Thinking. *Journal of Personality*, 88, 03 2019. doi:10.1111/jopy.12476.
- [64] Gordon Pennycook, Adam Bear, Evan T. Collins, and David G. Rand. The Implied Truth Effect: Attaching Warnings to a Subset of Fake News Headlines Increases Perceived Accuracy of Headlines Without Warnings. *Political Communication eJournal*, 2019. URL: <https://doi.org/10.1287/mnsc.2019.3478>.
- [65] Gordon Pennycook and Tyrone Cannon. Prior Exposure Increases Perceived Accuracy of Fake News. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147, 09 2018. doi:10.1037/xge0000465.
- [66] Sai Vijay Pola. Evaluating the User Experience of Microsoft HoloLens and Mobile Device Using an Augmented Reality Application. 2019.
- [67] Irina Popovici and Radu-Daniel Vatavu. Consolidating the Research Agenda of Augmented Reality Television with Insights from Potential End-Users. pages 73–74, 10 2019. doi:10.1109/ISMAR-Adjunct.2019.00033.
- [68] Irina Popovici and Radu-Daniel Vatavu. Understanding Users' Preferences for Augmented Reality Television. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR, pages 269–278, Washington, DC, USA, 2019. IEEE. doi:10.1109/ISMAR.2019.00024.
- [69] Pringle, Andrew and Hutka, Stefanie and Mom, Jesse and van Esch, Robin and Hefferman, Niall and Chen, Paul. Ethnographic Study of a Commercially Available Augmented Reality HMD App for Industry Work Instruction. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*, PE-TRA '19, page 389–397, New York, NY, USA, 2019. ACM. doi:10.1145/3316782.3322752.
- [70] Prolitec. Prolitec. URL: <https://prolitec.com/>.
- [71] Sahar Qazi, Khushnuma Tanveer, Khalid ElBahnasy, and Khalid Raza. *Chapter 10 From Telediagnosis to Teletreatment The Role of Computational Biology and Bioinformatics in Tele-Based Healthcare*, chapter 10, pages 153–169. Academic Press, 2019. doi:10.1016/b978-0-12-816948-3.00010-6.
- [72] Philipp Rauschnabel, Reto Felix, Christian Hinsch, Hamza Shahab, and Florian Alt. What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133:107289, 08 2022. doi:10.1016/j.chb.2022.107289.
- [73] Microsoft Mixed Reality. UX elements overview. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/design/app-patterns-landingpage>.
- [74] Arthur S. Reber. Implicit Learning of Artificial Grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6(6):855–863, 1967. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002253716780149X>, doi:10.1016/S0022-5371(67)80149-X.
- [75] Arthur S. Reber. *Implicit Learning and Tacit Knowledge: An Essay on the Cognitive Unconscious*. Oxford University Press, 1993.
- [76] Kendra Richards, Nikhil Mahalanobis, Kangsoo Kim, Ryan Schubert, Myungho Lee, Salam Daher, Nahal Norouzi, Jason Hochreiter, Gerd Bruder, and Greg Welch. Analysis of Peripheral Vision and Vibrotactile Feedback During Proximal Search Tasks with Dynamic Virtual Entities in Augmented Reality. In *Symposium on Spatial User Interaction*, SUI '19, New York, NY, USA, 2019. ACM. doi:10.1145/3357251.3357585.

- [77] Jacob M. Rigby, Duncan P Brumby, Sandy J. J. Gould, and Anna L Cox. Development of a Questionnaire to Measure Immersion in Video Media: The Film IEQ. In *Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video*, TVX '19, page 35–46, New York, NY, USA, 2019. ACM. doi:10.1145/3317697.3323361.
- [78] Pejman Saeghe, Gavin Abercrombie, Bruce Weir, Sarah Clinch, Stephen Pettifer, and Robert Stevens. Augmented Reality and Television: Dimensions and Themes. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Media Experiences*, IMX '20, page 13–23, New York, NY, USA, 2020. ACM. doi:10.1145/3391614.3393649.
- [79] ScentAir. Scent Air. URL: <https://scentair.com/>.
- [80] Laura Scherer, Jon McPhetres, Gordon Pennycook, Allison Kempe, Larry Allen, Chris Knoepke, Channing Tate, and Daniel Matlock. Who Is Susceptible to Online Health Misinformation? A Test of Four Psychosocial Hypotheses. *Health psychology : official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 40, 03 2021. doi:10.1037/hea0000978.
- [81] Ovidiu Schipor and Radu-Daniel Vatavu. Invisible, Inaudible, and Impalpable: Users' Preferences and Memory Performance for Digital Content in Thin Air. *IEEE Pervasive Computing*, 17:76–85, 10 2018. doi:10.1109/MPRV.2018.2873856.
- [82] Ovidiu-Andrei Schipor and Radu-Daniel Vatavu. Empirical Results for High-definition Video and Augmented Reality Content Delivery in Hyper-connected Cars. *Interacting with Computers*, 33(1):3–16, 2021. doi:10.1093/iwcomp/iwaa025.
- [83] Ovidiu-Andrei Schipor, Radu-Daniel Vatavu, and Jean Vanderdonckt. Euphoria: A Scalable, Event-Driven Architecture for Designing Interactions Across Heterogeneous Devices in Smart Environments. *Inf. and Software Technology*, 109:43–59, 2019. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584919300096>, doi:10.1016/j.infsof.2019.01.006.
- [84] Ovidiu-Andrei Schipor, Radu-Daniel Vatavu, and Wenjun Wu. SAPIENS: Towards Software Architecture to Support Peripheral Interaction in Smart Environments. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, 3(EICS), jun 2019. doi:10.1145/3331153.
- [85] Poly Sil Sen, Shabnam Banerjee, and Nandini Mukherjee. Ontology-Driven Approach to Health Data Management for Remote Healthcare Delivery. In *Proceedings of the 7th ACM Workshop on ACM Mobile Health 2017*, MobileHealth'17, pages 1–6, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3084035.3084039.
- [86] Daeil Seo, Byoungyun Yoo, and Heedong Ko. Webizing Collaborative Interaction Space for Cross Reality with Various Human Interface Devices. In *Proceedings of the 23rd International ACM Conference on 3D Web Technology*, Web3D '18, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3208806.3208808.
- [87] Asadullah Shaikh and Muniba Memon. A System Design for a Telemedicine Health Care System. In *Communications in Computer and Information Science*, pages 295–305, 04 2008. doi:10.1007/978-3-540-89853-5_32.
- [88] Jakub Simko, Martina Hanakova, Patrik Racsco, Matus Tomlein, Robert Moro, and Maria Bielikova. Fake News Reading on Social Media: An Eye-Tracking Study. In *Proceedings of the 30th ACM Conference on Hypertext and Social Media*, HT '19, page 221–230, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3342220.3343642.

- [89] Richard Skarbez, Missie Smith, and Mary C. Whitton. Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality*, 2:27, 2021. URL: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/frvir.2021.647997>, doi:10.3389/frvir.2021.647997.
- [90] Charles Spence, Marianna Obrist, Carlos Velasco, and Nimesha Ranasinghe. Digitizing the Chemical Senses: Possibilities & Pitfalls. *International Journal of Human-Computer Studies*, 107:62–74, 2017. Multisensory Human-Computer Interaction. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581917300885>, doi:10.1016/j.ijhcs.2017.06.003.
- [91] Shinya Tachihara, Takehiko Yamaguchi, Naoki Ishiura, Mickael Dinomais, Paul Richard, and Sylvie Nguyen. Data Analysis Tool for Arm Movement Pattern in Virtual Catching Task: A Preliminary Development. In *Proceedings of the 8th International Symposium on Visual Information Communication and Interaction*, VINCI '15, page 160–161, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery. doi:10.1145/2801040.2801068.
- [92] TIME. Facebook Reveals Augmented Reality, Virtual Reality and More at Annual F8 Conference, 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=YtUye84PuFY>.
- [93] Radu-Daniel Vatavu. Point & Click Mediated Interactions for Large Home Entertainment Displays. *Multimedia Tools Appl.*, 59(1):113–128, July 2012. doi:10.1007/s11042-010-0698-5.
- [94] Radu-Daniel Vatavu. There's a World Outside Your TV: Exploring Interactions beyond the Physical TV Screen. In *Proceedings of the 11th European Conference on Interactive TV and Video*, EuroITV '13, page 143–152, New York, NY, USA, 2013. ACM. doi:10.1145/2465958.2465972.
- [95] Radu-Daniel Vatavu. Audience Silhouettes: Peripheral Awareness of Synchronous Audience Kinesics for Social Television. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video*, TVX '15, page 13–22, New York, NY, USA, 2015. ACM. doi:10.1145/2745197.2745207.
- [96] Radu-Daniel Vatavu, Pejman Saeghe, Teresa Chambel, Vinoba Vinayagamoorthy, and Marian F Ursu. Conceptualizing Augmented Reality Television for the Living Room. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Media Experiences*, IMX '20, page 1–12, New York, NY, USA, 2020. ACM. doi:10.1145/3391614.3393660.
- [97] Carlos Velasco and Marianna Obrist. *Multisensory Experiences: Where the Senses Meet Technology*. Oxford University Press, 09 2020. doi:10.1093/oso/9780198849629.001.0001.
- [98] Vinoba Vinayagamoorthy, Maxine Glancy, Christoph Ziegler, and Richard Schäffer. Personalising the TV Experience Using Augmented Reality: An Exploratory Study on Delivering Synchronised Sign Language Interpretation. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, page 1–12, New York, NY, USA, 2019. ACM. URL: <https://doi.org/10.1145/3290605.3300762>.
- [99] Shiyao Wang, Michael Parsons, Jordan Stone-McLean, Peter Rogers, Sarah Boyd, Kristopher Hoover, Oscar Meruvia-Pastor, Minglun Gong, and Andrew Smith. Augmented Reality as a Telemedicine Platform for Remote Procedural Training. *Sensors*, 17:2294, 10 2017. doi:10.3390/s17102294.

- [100] Yeping Wang, Gopika Ajaykumar, and Chien-Ming Huang. See What I See: Enabling User-Centric Robotic Assistance Using First-Person Demonstrations. In *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, HRI '20*, page 639–648, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. doi: [10.1145/3319502.3374820](https://doi.org/10.1145/3319502.3374820).
- [101] Nadir Weibel, Danilo Gasques, Janet Johnson, Thomas Sharkey, Zhuoqun Robin Xu, Xinming Zhang, Enrique Zavala, Michael Yip, and Konrad Davis. ARTEMIS: Mixed-Reality Environment for Immersive Surgical Telementoring. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '20*, page 1–4, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. doi: [10.1145/3334480.3383169](https://doi.org/10.1145/3334480.3383169).
- [102] Mark Weiser and John Seely Brown. *The Coming Age of Calm Technology*, page 75–85. Copernicus, USA, 1997. doi: [10.5555/504928.504934](https://doi.org/10.5555/504928.504934).
- [103] Bob G. Witmer and Michael J. Singer. Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3):225–240, 06 1998. doi: [10.1162/105474698565686](https://doi.org/10.1162/105474698565686).
- [104] Jacob O. Wobbrock and Julie A. Kientz. Research Contributions in Human-Computer Interaction. *Interactions*, 23(3):38–44, apr 2016. doi: [10.1145/2907069](https://doi.org/10.1145/2907069).
- [105] Oleg Yavoruk. The Study of Observation in Physics Classes through XR Technologies. In *2020 The 4th International Conference on Digital Technology in Education, ICDTE 2020*, page 58–62, New York, NY, USA, 2020. Association for Computing Machinery. doi: [10.1145/3429630.3429637](https://doi.org/10.1145/3429630.3429637).
- [106] Qing Zhang, Mohan Karunanithi, and Chansuk Kang. Immersive Augmented Reality (I Am Real) – Remote Clinical Consultation. In *2019 IEEE EMBS International Conference on Biomedical & Health Informatics (BHI)*, pages 1–4, 2019. doi: [10.1109/BHI.2019.8834641](https://doi.org/10.1109/BHI.2019.8834641).



Universitatea
Ștefan cel Mare
Suceava

Universitatea Ștefan cel Mare din Suceava

720229, Suceava, România

str.Universității nr.13

tel: 0230 216 147

0230 522 978

fax: 0230 520 080